



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Instituto de Geociências

TALITA DE OLIVEIRA BRACHER PRATES

VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL NAS ÁREAS SUSCETÍVEIS AS
INUNDAÇÕES NO BAIXO CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MURIAÉ
(RJ)

CAMPINAS
2019

TALITA DE OLIVEIRA BRACHER PRATES

VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL NAS ÁREAS SUSCETÍVEIS AS
INUNDAÇÕES NO BAIXO CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MURIAÉ
(RJ)

DISSERTAÇÃO/TESE APRESENTADA AO INSTITUTO
DE GEOCIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE
CAMPINAS PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRA
EM GEOGRAFIA NA ÁREA DE ANÁLISE AMBIENTAL E
DINÂMICA TERRITORIAL

ORIENTADOR: PROF. DR. RAUL REIS AMORIM

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL
DA DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELA ALUNATA TALITA
DE OLIVEIRA BRACHER PRATES E ORIENTADA PELO
PROF. DR. RAUL REIS AMORIM

CAMPINAS

2019

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca do Instituto de Geociências
Marta dos Santos - CRB 8/5892

P887v Prates, Talita de Oliveira Bracher, 1984-
Vulnerabilidade socioambiental nas áreas suscetíveis as inundações no
baixo curso da bacia hidrográfica do Rio Muriaé (RJ) / Talita de Oliveira
Bracher Prates. – Campinas, SP : [s.n.], 2019.

Orientador: Raul Reis Amorim.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de
Geociências.

1. Vulnerabilidade social. 2. Inundações. 3. Suscetibilidade. I. Amorim, Raul
Reis, 1981-. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Geociências.
III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Socioenvironmental vulnerability in the areas susceptible to the low-lying basin of the Muriaé River (RJ)

Palavras-chave em inglês:

Social vulnerability

Floods

Susceptibility

Área de concentração: Análise Ambiental e Dinâmica Territorial

Titulação: Mestra em Geografia

Banca examinadora:

Raul Reis Amorim [Orientador]

Archimedes Perez Filho

Érika Ferreira Moura

Gustavo Henrique Naves Givisiez

Data de defesa: 25-02-2019

Programa de Pós-Graduação: Geografia

Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)

- ORCID do autor: <http://orcid.org/0000-0002-3368-1637>



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

AUTORA: Talita de Oliveira Bracher Prates

**VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL NAS ÁREAS SUSCETÍVEIS AS
INUNDAÇÕES NO BAIXO CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MURIAÉ
(RJ)**

ORIENTADOR: Prof. Dr. Raul Reis Amorim

Aprovado em: 25 / 02 / 2019

EXAMINADORES:

Prof. Dr. Raul Reis Amorim - Presidente

Profa. Dra. Érika Ferreira Moura

Prof. Dr. Gustavo Henrique Naves Givisiez

Prof. Dr. Archimedes Perez Filho

**A Ata de defesa com as respectivas assinaturas dos membros, encontra-se disponível no
SIGA - Sistema de Fluxo de Dissertação e na Secretaria de Pós-graduação do IG.**

Campinas, 25 de fevereiro de 2019.

AGRADECIMENTO

Esta dissertação de mestrado não existiria sem o precioso apoio e incentivo de algumas pessoas especiais. Em primeiro lugar, não posso deixar de agradecer a minha mãe, Elzira Lúcia de Oliveira e ao meu padrasto Gustavo Henrique Naves Givisiez pelo incansável incentivo e paciência, pelas lições de vida e de estatística, por serem verdadeiros exemplos pra mim. Ao meu orientador, Professor Doutor Raul Reis Amorim, por sempre acreditar no projeto, pelo empenho em orientar este trabalho e principalmente por ser um verdadeiro amigo. Desejo igualmente agradecer a todos os amigos que me motivaram e estiveram do meu lado nesses dois anos, especialmente a Francine Tupinambá, pela companhia e ajuda nos dias difíceis, ao Felipe Rubira por acreditar e me lembrar sempre do meu potencial, ao Cassiano Messias, Thiago Cabral e Vicente Cantanhede pela amizade e alegria que tornou essa caminhada mais prazerosa e divertida. Por último, quero agradecer à FAEPEX (2196/17) pela bolsa de mestrado.

RESUMO

O estilo de vida da sociedade atual, caracterizado pelo uso indiscriminado dos recursos naturais e pela intensa urbanização, expõe as comunidades a diversas ameaças ambientais como, por exemplo, o potencial de ocorrência de inundações. O baixo curso da bacia hidrográfica do rio Muriaé apresentando nos últimos anos vários eventos de inundações com registros de prejuízos econômicos e sociais, especialmente na saúde da população. Como em outros eventos com fortes determinantes sociais, a literatura recente indica que as áreas mais afetadas são habitadas pelos segmentos populacionais de baixa renda e carente de infraestrutura básica. A associação desses fatores intensifica os danos causados pelos riscos ambientais e diminui a capacidade de resposta e a qualidade de vida da população exposta. Neste sentido, o objetivo geral desta dissertação é propor um indicador de vulnerabilidade socioambiental para áreas suscetíveis a inundações no baixo curso do rio Muriaé (RJ) que integre dados socioeconômicos e demográficos do Censo Demográfico Brasileiro de 2010 desenvolvido pelo IBGE e as áreas de suscetibilidade ambiental para inundações. Espera-se que o indicador possa ser utilizado como ferramenta que subsidie a elaboração de projetos de gestão de riscos que sejam eficientes para a melhora das populações expostas às inundações. A construção de indicadores socioambientais, por meio de metodologias de geoprocessamento e análise espacial, possibilita identificar as áreas do município que necessitam de atenção e de gestão específica. Com isso, o presente trabalho traz uma importante contribuição metodológica às discussões já existentes no que tange a análise de vulnerabilidade socioambiental em escala intraurbana, ao realizar a integração de dados sociodemográficos com cartografias ambientais.

Palavras chave: Inundações, Vulnerabilidade Socioambiental, Suscetibilidade, rio Muriaé

ABSTRACT

The current society's lifestyle, characterized by the indiscriminate use of natural resources and intense urbanization, exposes communities to various environmental threats, such as the potential for flooding. The low watercourse of the Muriaé river basin has presented in recent years several flood events with records of economic and social damages, especially in the health of the population. As in other events with strong social determinants, the recent literature indicates that the most affected areas are inhabited by low-income segments of the population lacking basic infrastructure. The association of these factors intensifies the damage caused by environmental risks and decreases the responsiveness and quality of life of the exposed population. In this sense, the general objective of this dissertation is to propose an indicator of socioenvironmental vulnerability for areas susceptible to flooding in the lower course of the Muriaé river (RJ) that integrates socioeconomic and demographic data of the IBGE Demographic Census of 2010 and the areas of environmental susceptibility to floods. It is hoped that the indicator can be used as a tool to subsidize the development of risk management projects that are efficient for improving populations exposed to floods. The construction of socio-environmental indicators, through geoprocessing methodologies and spatial analysis, makes it possible to identify areas of the municipality that need attention and specific management. Thus, the present work brings an important methodological contribution to the already existing discussions regarding the analysis of socio-environmental vulnerability at intra-urban scale, by integrating census sources of socio-demographic data with environmental cartography.

Keywords: Floods, Socio-environmental vulnerability, Susceptibility, river Muriaé

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA. 1 - Perfil esquemático do processo de enchente e inundação (Fonte: Defesa Civil)	22
FIGURA. 2: Localização da área de estudo Fonte: (Elaborado por Talita Prates)	39
FIGURA 03: Marca de Inundação em porta de casa abandonada na localidade de São Pedro do Paraíso (Fotografia: Talita Bracher Prates, janeiro de 2018)	41
FIGURA 04: Marca de Inundação em edificação construída em área suscetível em Cardoso Moreira (Fotografia: Talita Bracher Prates, janeiro de 2018)	41
FIGURA. 5 - Fluxograma do indicador de vulnerabilidade socioambiental	43
FIGURA 6: Fórmula do cálculo do indicador de suscetibilidade	48
FIGURA 7: Fórmula geral do cálculo do indicador de vulnerabilidade	49
FIGURA 8: Esgoto a céu aberto. Município de Italva. Fonte: fotografia Talita Bracher Prates, 01/2018.	57
FIGURA 9: Ocupação da planície de inundação. Município de Cardoso Moreira. Fonte: fotografia Talita Bracher Prates, 01/2018.	57
FIGURA 10: Aplicação do Modelo <i>HAND</i>	58
FIGURA 11 – Mapa Hipsométrico do baixo curso da bacia hidrográfica do rio Muriaé-RJ. Fonte: IBGE.	60
FIGURA 12 – Mapa de Compartimentos Geomorfológicos do baixo curso da bacia hidrográfica do rio Muriaé-RJ. Fonte: INEA-RJ.	61
FIGURA 13 – Mapa Pedológico do baixo curso da bacia hidrográfica do rio Muriaé-RJ. Fonte: EMBRAPA SOLOS.	63
FIGURA 14 – Mapa de classes de declividade do baixo curso da bacia hidrográfica do rio Muriaé-RJ. Fonte: IBGE.	66
FIGURA 15: Mapa de médias de pluviosidade do baixo curso da bacia hidrográfica do rio Muriaé-RJ – 1970 a 2010. Fonte: INEA-RJ.	68
FIGURAS 16: Médias de chuvas mensais da Estação Pluviométrica Cardoso Moreira (1971-2010). Fonte: CPRM (2015).	69
FIGURAS 17: Médias de chuvas mensais da Estação Pluviométrica Conselheiro Josino (1971-2010). Fonte: CPRM (2015).	69

FIGURAS 18: Médias de chuvas mensais da Estação Pluviométrica Morro do Coco (1971-2010).....	69
Fonte: CPRM (2015)	69
FIGURAS 19 – Médias de chuvas mensais da Estação Pluviométrica Santa Maria (1971-2010).....	70
Fonte: CPRM (2015)	70
FIGURAS 20 – Médias de chuvas mensais da Estação Pluviométrica Vila Nova de Campos (1971-2010).....	70
Fonte: CPRM (2015)	70
FIGURAS 21 – Médias de chuvas mensais da Estação Pluviométrica Boaventura (1971-2010).....	70
Fonte: CPRM (2015)	70
FIGURAS 22 – Médias de chuvas mensais da Estação Pluviométrica Itaperuna (1971-2010)	71
Fonte: CPRM (2015)	71
FIGURA 23: Indicador de Suscetibilidade.....	74
FIGURA 24: Região de Três Vendas. Evento de inundação em 2012; Fonte: O GLOBO.....	75
FIGURA 25: Cardoso Moreira. Evento de inundação em 2012; Fonte: O G1	75
FIGURA 26: Mapa de Sistemas Antrópicos do baixo curso da bacia hidrográfica do rio Muriaé.....	77
FIGURA 27: Distribuição da ocupação por Sistemas Antrópicos do baixo curso da bacia hidrográfica do rio Muriaé.....	79
FIGURA 28: Mapeamento da Dimensão de Resiliência na bacia hidrográfica do baixo curso do rio Muriaé	81
FIGURA 29: Mapeamento da Dimensão de Resiliência na bacia hidrográfica do baixo curso do rio Muriaé	83
FIGURA 30: Mapeamento da Vulnerabilidade Social na bacia hidrográfica do baixo curso do rio Muriaé	85
FIGURA 32: Mapeamento da Vulnerabilidade Social na bacia hidrográfica do baixo curso do rio Muriaé	88

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1: Classificação de desastres	20
QUADRO 2: Condicionantes para a ocorrência e análise das inundações.....	23
QUADRO 3: Definição e classificação do termo perigo (UNISDR, 2004)	24
QUADRO 4: Sistematização dos termos e conceitos utilizados	27
QUADRO 5: Dimensões da vulnerabilidade.....	29
QUADRO 6: Sistematização dos conceitos de vulnerabilidade	30
QUADRO 7: Fatores e características que influenciam a vulnerabilidade.....	34
QUADRO 8: Síntese das inundações registradas no Sistema Integrado de Informações sobre Desastres nos municípios pertencentes ao baixo curso do rio Muriaé	40
QUADRO 09: Componentes e variáveis da dimensão de resiliência.....	50
QUADRO 10: Variáveis da componente renda.....	51
QUADRO 11: Variáveis da componente estrutura etária.....	51
QUADRO 12: Variáveis da componente alfabetização.....	52
QUADRO 13: Componentes e variáveis da dimensão de infraestrutura.....	52
QUADRO 14: Variáveis do componente abastecimento de água	53
QUADRO 15: Variáveis do componente esgotamento sanitário	53
QUADRO 16: Variáveis da componente coleta de lixo	53
QUADRO 17: Quantidade de setores censitários por município	56
QUADRO 18: Síntese das ocorrências de inundações registradas no Sistema Integrado de Informações sobre Desastres no baixo curso do rio Muriaé entre 2005 e 2013.....	72
QUADRO 19: Quantidade de setores censitários por classe de suscetibilidade e por município	75
QUADRO 20: Quantidade de setores censitários por nível de resiliência e por município	82
QUADRO 21: Quantidade de setores censitários classificados pela qualidade das infraestruturas disponíveis por município	84
QUADRO 22: Quantidade de setores censitários classificados pelo indicador de vulnerabilidade social por município	86
QUADRO 23: Quantidade de setores censitários classificados pelo indicador de vulnerabilidade socioambiental por município.....	87
QUADRO 24: Perfil Socioeconômico por classe de Vulnerabilidade Socioambiental	89

SUMÁRIO

1	Introdução.....	13
2	O homem, o meio e os desastres.	17
2.1	Os desastres naturais.....	17
2.2	Degradação Ambiental e Inundações.....	20
3	Revisão dos conceitos fundamentais.....	24
3.1	Perigo, Risco, Suscetibilidade e Resiliência.....	24
3.2	Evolução do Conceito de Vulnerabilidade.....	27
3.3	Elementos que influenciam a vulnerabilidade.....	32
3.4	Os indicadores nos estudos de vulnerabilidade.....	36
4	Área de Estudo.....	38
4.1	Caracterização física.....	38
4.2	Inventário de inundações.....	40
5	Procedimentos Metodológicos.....	42
5.1	O indicador de vulnerabilidade socioambiental (IVSA).....	42
5.2	Suscetibilidade ambiental.....	44
5.2.1	Aplicação do Modelo <i>HAND</i>	44
5.2.2	Inventário dos atributos naturais da área de estudo.....	45
5.2.3	Sobreposição espacial das cartografias de suscetibilidade à malha digital dos setores censitários do Censo 2010 do IBGE.....	47
5.3	Vulnerabilidade Social.....	48
5.3.1	Resiliência.....	49
5.3.2	Infraestrutura.....	52
5.4	Vulnerabilidade socioambiental.....	53
6	Resultados.....	55
6.1	Suscetibilidade Ambiental.....	57
6.1.1	Aplicação do modelo <i>HAND</i>	57
6.1.2	Atributos Naturais da Área de Estudo.....	59
6.1.3	Indicador de Suscetibilidade a Inundação.....	73
6.2	Vulnerabilidade Social.....	80
6.2.1	Dimensão Resiliência.....	80
6.2.2	Dimensão Infraestrutura.....	82
6.2.3	Indicador de Vulnerabilidade Social.....	84

6.3	Vulnerabilidade Socioambiental	87
7	Considerações Finais	91
	Referências.....	92

1 Introdução

A sociedade contemporânea está exposta ao perigo da ocorrência de desastres naturais que são produzidos, em muitos casos, pelo uso indiscriminado dos recursos naturais, fruto do estilo de vida moderno e da crescente urbanização. Isto, somado a insuficiência e ineficácia das políticas para o gerenciamento de riscos, acarreta o aumento da frequência, da intensidade e do número de vítimas dos desastres naturais.

Tornou-se comum a disseminação de notícias a respeito de desastres naturais e suas consequências. Atualmente, acumulam-se grandes prejuízos econômicos e sociais após eventos como furacões, terremotos, tsunamis, enchentes, inundações ou deslizamentos de terra. Por essa realidade os termos desastre, vulnerabilidade, risco, perigo e resiliência vêm, há alguns anos, ganhando destaque nas pesquisas acadêmicas (MARANDOLA e HOGAN, 2006).

A identificação e a classificação dos desastres, o mapeamento das áreas de risco, o estudo de processos como migração, urbanização ou mesmo, a busca por um entendimento mais holístico sobre a relação homem e natureza são passos importantes na construção de projetos e pesquisas que visam diminuir os impactos negativos atrelados aos desastres.

Segundo Botelho (2011), as inundações ou enchentes são, atualmente, um dos maiores problemas enfrentados pelas cidades brasileiras. Este tipo de desastre tem causado grandes prejuízos financeiros e perdas de vidas humanas, seja por efeitos imediatos, como afogamentos, ou indiretos, como doenças infectocontagiosas decorrentes do contato com a água contaminada das inundações.

O banco de dados *EmergencyDatabase - EM-DAT*, é uma compilação de dados e informações sobre a ocorrência de desastres obtidos de diversas fontes, como agências das Nações Unidas, organizações não governamentais, companhias de seguros, institutos de pesquisa e agências de notícias. No EM-DAT, o Brasil é classificado como um dos países do mundo mais afetados por inundações e enchentes, tendo registrado 94 desastres no período de 1960 a 2008, com 5.720 mortes e mais de 15 milhões de pessoas afetadas (desabrigados/desalojados) (Tominaga; Santoro e Amaral, 2012).

Quando uma moradia é afetada por inundações, outros efeitos transtornam associadamente o cotidiano privado, como a subida de esgoto dentro da casa, contaminando o espaço e seus bens os quais não se consegue, de todo, recuperar, como sofás e colchões (...). A associação entre o contato persistente com a água contaminada e a ausência de água limpa para realizar o saneamento de sua moradia, a higiene corporal e do vestuário, é paralisante. Cada instante perdido nos procedimentos de limpeza e restauração subtrai a possibilidade de recomposição e reutilização, e aumenta a exposição a veículos transmissores de doenças (VALENCIO, 2012:205)

As inundações ou transbordamento dos canais fluviais são fenômenos naturais que ocorrem nas áreas de baixo curso dos rios formando as planícies ou baixos terraços aluviais localizados juntoas margens do canal principal. A ocupação dessas áreas ocorre desde a formação dos primeiros núcleos urbanos, quando o homem começa a abandonar a condição de nômade e passa a permanecer em locais fixos podendo utilizar o rio para consumo, preparo de alimentos, higiene, construção, navegação, irrigação e etc. (GIUDICE e MENDES, 2013).

Desde então, os recursos hídricos vêm sendo alvo de crescentes intervenções antrópicas. O aumento populacional e a concentração de pessoas em núcleos urbanos ou cidades aumentaram e, continuam aumentando o número e a intensidade das interferências no ciclo das águas. As diversas alterações, causadas pelo homem, contribui para o aumento da quantidade e da intensidade das inundações e de suas consequências.

Estudos recentes apontam que, muitas vezes, as áreas mais afetadas pelas inundações são carentes de infraestrutura básica e habitadas por segmentos populacionais de baixa renda (ALMEIDA, 2010; ALVES e TORRES, 2006; FREITAS e CUNHA, 2012). Esses fatos intensificam os danos causados pelo desastre, uma vez que estes fatores afetam a capacidade de resposta e a qualidade de vida dessa população (CUTTER, 1996; FREITAS e CUNHA, 2012). Entretanto, devido a exploração da paisagem e as construções de condomínios de luxo em planícies de inundação podemos observar registro de inundações em áreas nobres.

No início do século passado, apenas cerca de 10% da população mundial estava concentrada em zonas urbanas, mas o crescimento vertiginoso das metrópoles, principalmente por meio da migração das zonas rurais, acelerou o processo de urbanização em níveis extraordinários (GIUDICE e MENDES, 2013: 394)

O adensamento populacional e a alteração da cobertura natural do solo pelos instrumentos urbanos alteram as condições de escoamento, interferem no ciclo hidrológico natural. Todas essas interferências e alterações são suficientes para concentrar as precipitações em determinadas áreas, o que intensifica o volume de água da chuva e resulta na ocorrência das inundações que, por sua vez, causam danos materiais e risco à integridade física

da população (ALVES e OJIMA, 2008; TOMINAGA, SANTORO e AMARAL, 2012; GIUDICE e MENDES, 2013).

Os crescentes prejuízos associados a ocorrência de desastres naturais relembram a utilidade de se completarem medidas estruturais de proteção com outros indicadores que permitam a leitura e compreensão da vulnerabilidade de populações que acumulam fragilidade ou incapacidades (NOSSA, SANTOS E CRAVIDÃO, 2013)

Apesar dos estudos sobre a vulnerabilidade ganharem espaço na ciência, Cutter (2011) aponta que ainda existem poucos esforços sistemáticos para quantificar a vulnerabilidade social de lugares específicos que facilitem a comparação entre unidades geográficas ou administrativas. A falta de informação detalhada a respeito da vulnerabilidade socioambiental da população exposta dificulta a elaboração de planos de gestão ou gerenciamento de risco que sejam eficazes na minimização dos prejuízos causados pelas inundações.

Para Jannuzzi (2001) os indicadores ambientais compreendem uma dimensão para a análise da qualidade de vida no que se refere às condições ambientais. O autor define como indicador social “uma medida em geral quantitativa dotada de significado social substantivo, usado para substituir, quantificar, ou operacionalizar um conceito” A adoção de indicadores nos estudos sobre as áreas suscetíveis a um determinado risco ambiental é um recurso metodológico importante para a mitigação desses fenômenos.

Com vistas ao exposto, o objetivo geral deste trabalho é propor um indicador de vulnerabilidade socioambiental, integrando a suscetibilidade ambiental à inundação e o perfil socioeconômico da comunidade residente nas áreas de risco, tendo o setor censitário como unidade de análise. Espera-se que o indicador possa ser utilizado como ferramenta que subsidie o planejamento de políticas públicas de urbanização e saneamento. Adicionalmente, os dados gerados, constituirão insumo básico para a tomada de decisão eficaz, no que se refere ao gerenciamento de riscos objetivando a minimização dos impactos negativos das inundações em todo o país.

Especificamente, esta dissertação apresenta como objetivos específicos, o mapeamento das áreas suscetíveis a inundação na bacia hidrográfica do baixo curso do rio Muriaé (RJ), a categorização dessas áreas por setores censitários. A operacionalização do conceito de vulnerabilidade socioambiental é apresentada por meio da construção de um indicador sintético multidimensional fundamentado e adaptado dos estudos de Cutter (2003 e 2011) e Alves (2013). Nos resultados, apresenta-se a cartografização em escala de 1:25.000,

de cada dimensão que compõe o indicador permitindo a identificação dos fatores determinantes da vulnerabilidade.

Adicionalmente, apresenta-se banco de dados do perfil socioeconômico contendo informações sociais, demográficas e econômicas sobre as comunidades residentes na área de estudo. Essas informações, associadas à suscetibilidade de áreas sujeitas a inundações, contribui para o planejamento do uso e ocupação das terras, controle da expansão urbana, avaliação de cenários potenciais de riscos. Ademais, possibilita a elaboração de projetos para a minimização das consequências de acidentes ambientais tanto para a população afetada quanto para os setores produtivos (BITAR *et al*, 2014).

Sendo assim, esta dissertação é desenvolvida em sete capítulos estruturados de forma que o leitor possa se familiarizar com a problemática discutida logo no segundo capítulo e no terceiro tome ciência dos conceitos e definições utilizados no decorrer do trabalho. O quarto capítulo apresenta a área de estudo, o quinto traz o detalhamento da metodologia utilizada. Os resultados são apresentados ao longo do sexto capítulo e, por fim, o sétimo capítulo apresenta as considerações finais e conclui o trabalho.

2 O homem, o meio e os desastres.

2.1 Os desastres naturais

A natureza é um sistema em constante modificação, adaptação e evolução. Para que o equilíbrio dinâmico do planeta seja mantido é necessário a ocorrência de alguns fenômenos naturais, como por exemplo, o movimento das placas tectônicas, os tsunamis ou as precipitações. Um fenômeno natural somente pode ser considerado um desastre quando atinge uma população ou comunidade é atingida e, que haja registro de danos materiais e/ou humanos (BOTELHO, 2011).

Atualmente, não é raro, a disseminação de notícias acerca dos desastres naturais. Segundo Murara (2015), o registro da ocorrência de desastres tem apresentado considerável aumento no Brasil. O autor aponta que, durante a 1ª Conferência Nacional de Mudanças Climáticas, em 2014, o Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres (CENAD) divulgou que, na década de 2000, houve um aumento de 268% de registros de desastres no Brasil, em comparação aos 10 anos anteriores.

A discussão acerca da definição e conceituação do termo desastre se faz presente nas pesquisas acadêmicas de diversas áreas. Segundo a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC, 2014) até os anos de 1970, os desastres foram encarados como sinônimos de eventos extremos, imprevisíveis e inevitáveis da natureza, nos quais a sociedade tinha papel dependente. A magnitude (medida quantitativa) do desastre dependia do tamanho da ameaça. Posteriormente caracterizados pelos impactos produzidos (intensidade – medida qualitativa), molda-se a percepção de que um mesmo evento pode causar diferentes resultados em diferentes tipos de estrutura ou locais. Nos anos de 1980 e 1990, o impacto de um desastre passa a ser associado à capacidade da comunidade de se recuperar dos danos e prejuízos. A atenção volta-se para a redução. No final dos anos de 1990, os pesquisadores percebem que os processos de desenvolvimento podem interferir, modificar e ampliar os desastres.

Nessa perspectiva, os desastres são o produto de processos de transformação e crescimento da sociedade sem uma adequada relação com o ambiente natural e o construído. O foco de atuação também passa a ser para as estratégias que se concentram na gestão de riscos e de desastres(...). Note que hoje em dia já há um reconhecimento de que os desastres se relacionam de uma ou outra forma com uma série de práticas humanas inadequadas e são, em resumo, representações de problemas de desenvolvimento. (UFSC, 2014:77).

Pode-se afirmar que o desastre natural está relacionado diretamente à relação homem, sociedade e natureza, ou seja, os desastres naturais podem ser definidos como o resultado do impacto de fenômenos naturais extremos ou intensos sobre um sistema social, causando danos e prejuízos que excedem a capacidade da comunidade ou da sociedade atingida em conviver com o impacto ou se reestruturar após o desastre. (TOBIN E MONTZ,1997).

A exagerada produção de riquezas associada a exploração dos recursos naturais aumentaos riscos sociais e ambientais que acabam escapando do controle institucional. O aparecimento desta Sociedade do Risco (Expressão que dá nome a obra) fábrica de incertezas; provocainstabilidade no mercado e intensifica os desastres socioambientais.

Para Bitaret *al* (2014), o desastre natural é a ruptura da dinâmica socioeconômica decorrente de um evento associado a um fenômeno ou processo natural. No glossário da Defesa Civil Nacional, o desastre é tratado como o resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema, causando danos humanos, materiais e/ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais (CASTRO, 1998).

Valencio (2012) traz uma abordagem mais sociológica a respeito do desastre natural. Para a autora, um dos mais importantes cientistas contemporâneos que tem se esforçado para identificar e agrupar as convergências em torno da definição do termo desastre é Enrico Quarantelli.

“(...) Quarantelli (1998) reafirmou que, embora houvessem diferenças teóricas nas abordagens do debate sobre desastre, prevalecia o entendimento comum dos pesquisadores em trata-lo como um tipo de crise social, envolvendo tanto uma construção social quanto um acontecimento físico (VELENCIO, N; 2012:32)”

Desta maneira, neste trabalho será considerado que desastre natural é a ocorrência de um fenômeno natural que modifica a superfície terrestre e atinge áreas ou regiões habitadas, causando danos materiais e humanos. Como já mencionado, para que uma ocorrência ou evento seja considerado um desastre é necessário que o fenômeno ou o perigo atinja uma população, causando uma grave perturbação do funcionamento de uma comunidade, envolvendo perdas de vidas, perdas materiais, econômicas ou ambientais de grande extensão, de forma que os impactos estejam além da capacidade dessa comunidade de se recuperar com seus próprios recursos (AMARAL e GUTJAHR, 2011).Em agosto de 2012 foi aprovada a Instrução Normativa do Ministério da Integração n.1, de 24 de agosto de 2012; na Lei n. 12.608 que define o desastre natural como:

(...)resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem sobre um cenário vulnerável, causando grave perturbação ao funcionamento de uma comunidade ou sociedade envolvendo extensivas perdas e danos humanos, materiais, econômicos ou ambientais, que excede a sua capacidade de lidar com o problema usando meios próprios (...) (INSTRUÇÃO NORMATIVA, 2012:30)

Atualmente a Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil adota a Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE) instituída por meio da Instrução Normativa nº 01, de 24 de agosto de 2012, em substituição à Codificação de Desastres, Ameaças e Riscos (CODAR), até então utilizada. A COBRADE foi elaborada a partir da classificação utilizada pelo Banco de Dados Internacional de Desastres (EM-DAT) do Centro para Pesquisa sobre Epidemiologia de Desastres (CRED) e da Organização Mundial de Saúde (OMS/ONU). Além dos desastres constantes da classificação do EM-DAT, foram incluídos alguns desastres peculiares à realidade brasileira (BRASIL, 2012).

Importante ressaltar que um desastre natural somente é registrado no Relatório Estatístico Anual do EM-DAT se houvera ocorrência de pelo menos um dos seguintes critérios: 10 ou mais óbitos; 100 ou mais pessoas afetadas; declaração de estado de emergência; pedido de auxílio internacional. (SCHEUREN, *et. al.* 2008).

A Instrução Normativa 1/2012 estabelece procedimentos e critérios para a decretação e o reconhecimento de Situação de Emergência ou Estado de Calamidade Pública pelos Municípios, Estados e pelo Distrito Federal e, classifica os desastres quanto à: intensidade; evolução; origem; e periodicidade (QUADRO1).

QUADRO 1: Classificação de desastres

Classes	Subclasses	Crítérios
Origem	Naturais	Causados por processos ou fenômenos naturais
	Tecnológicos	Originados de condições tecnológicas ou industriais, incluindo acidentes, procedimentos perigosos, falhas na infraestrutura ou atividades humanas específicas
Periodicidade	Esporádicos	Ocorrem raramente com possibilidade limitada de previsão.
	Cíclicos ou sazonais	Ocorrem periodicamente possuem relação com as estações do ano e com os fenômenos associados.
Evolução	Desastres súbitos ou de evolução aguda	Caracterizam pela velocidade com que o processo evolui e pela violência dos eventos adversos causadores desses desastres, podendo ocorrer de forma inesperada ou ter características cíclicas e sazonais
	Desastres graduais ou de evolução crônica	Possuem evolução crônica ou agravamento progressivo
Intensidade	Nível I – desastres de média intensidade	Os danos e os prejuízos são suportáveis e superáveis pelos governos locais, e a situação de normalidade pode ser restabelecida com os recursos locais ou complementados por recursos estaduais e federais.
	Nível II – desastres de grande intensidade	Os danos e os prejuízos não são superáveis e suportáveis pelos governos locais; e o restabelecimento da situação de normalidade depende da mobilização e da ação coordenada dos três níveis do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC) e, em alguns casos, de ajuda internacional.

Fonte: Adaptado de UFSC(2014)

2.2 Degradação Ambiental e Inundações

Os eventos de inundação ocorrem quando há intensa precipitação superando a capacidade de infiltração do solo. Grande parte do volume de água escoar para o sistema de drenagem ultrapassando sua capacidade natural de escoamento. O excesso do volume de água que não consegue ser drenado ocupa a várzea, inundando de acordo com a topografia das áreas próximas aos rios. Estes eventos estão atrelados aos processos climáticos locais e regionais (TUCCI, 2003).

As inundações são desastres naturais associados às características do meio físico em consonância com processos antrópicos. É de fundamental importância, no contexto da prevenção de desastres, identificar aspectos do meio físico e antrópico que corroboram para ocorrência das inundações (DANTAS e CANIL, 2017). Sausen e Navares (2015) alertam que as inundações são o tipo de desastre que mais ocorrem no mundo.

O número de pessoas impactadas pelas inundações, enchentes e alagamentos geralmente é elevado, pois envolve efeitos diretos e indiretos. Dentre os efeitos diretos destacam-se as mortes por afogamento, destruição de moradias e danos materiais. Entre os efeitos indiretos destacam-se as doenças transmitidas por água contaminada, como a leptospirose, a febre tifoide, a hepatite e a cólera (MINISTÉRIO CIDADES/ IPT, 2007).

A alteração do equilíbrio ecológico, pelo processo de urbanização, interfere diretamente na circulação da água de superfície, em função da remoção da cobertura vegetal, das alterações topográficas e morfológicas dos terrenos urbanos e da impermeabilização do solo (GIUDICE e MENDES, 2013)

Considerando a dinâmica do ciclo hidrológico, pode-se afirmar que não basta chover para repor a água doce de uma bacia hidrográfica. Necessita-se de cobertura vegetal e preservação do solo para a manutenção da água que alimenta os cursos d'água durante os períodos de estiagem, para amortecer os transbordamentos de água pela calha dos rios durante os períodos chuvosos.

Quando a água da chuva não se transforma em infiltração há maximização das inundações nos períodos de chuva e, durante os períodos de estiagem, os rios ficam com menor volume de água pois, a recarga natural é afetada. Este processo é consequência do desmatamento descontrolado e da ocupação desordenada da bacia hidrográfica, com práticas agrícolas e atividades de pecuária que degradam o solo. Soma-se a isso o crescente e insustentável desenvolvimento urbano que promove a poluição dos rios, a impermeabilização de grandes áreas e atividades extrativistas que degradam o meio ambiente, dentre outros impactos negativos (MPF, 2016).

Nos países subdesenvolvidos, de maneira geral, esses processos de degradação ocorreram a partir da década de 1940, quando o processo da expansão urbana se acelerou, com uma intensidade que dificultou o planejamento e o estabelecimento da infraestrutura necessária (GIUDICE e MENDES, 2013: 398).

Segundo o MPF (2016), observando com um nível de detalhe técnico ambiental mais profundo, verifica-se que as bacias hidrográficas que registram eventos frequentes de inundação apresentam níveis elevados de degradação ambiental, crescente desmatamento, ocupação irregular e descontrolada do solo. É importante ressaltar que as inundações também ocorrem de naturalmente ao longo do tempo.

Soma-se a todo este processo de degradação os problemas relacionados às redes de drenagem urbanas, que deveriam afastar as águas de escoamento superficial, mas devido ao mal funcionamento, dimensionamento ou manutenção acabam por aumentar e agravar as inundações.

De acordo com Ministério das Cidades/IPT (2007), existem diferentes conceitos para enchentes, inundações, alagamento e enxurrada, os dois últimos geralmente utilizados para desastres em áreas urbanas. Em linhas gerais: Inundação representa o transbordamento das águas do leito, atingindo a planície de inundação ou área de várzea. As enchentes ou

cheias são definidas pela elevação do nível d'água no canal de drenagem devido ao aumento da vazão, atingindo a cota máxima do canal, porém, sem extravasar, o alagamento é um acúmulo momentâneo de águas em determinados locais por deficiência no sistema de drenagem e; a enxurrada é escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte, que pode ou não estar associado a áreas de domínio dos processos (**FIGURA 1**)

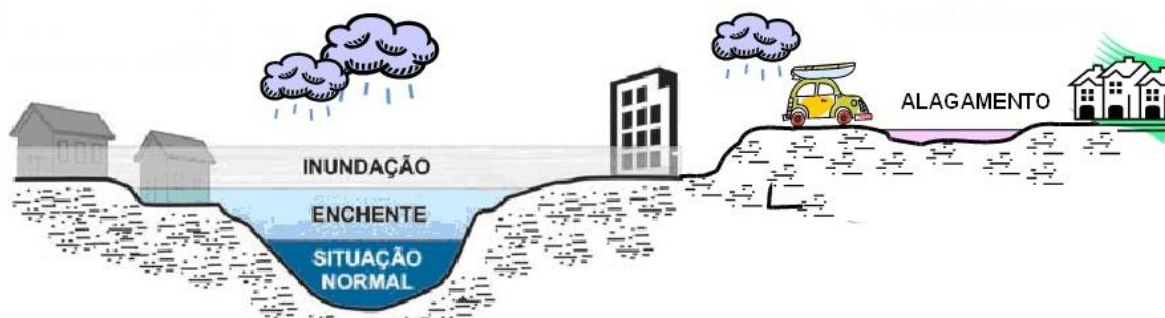


FIGURA. 1 - Perfil esquemático do processo de enchente e inundação (Fonte: Defesa Civil)

Para Bitaret *al* (2014) A inundação é a submersão da planície aluvial pelo transbordamento das águas do canal principal de um rio e, caracteriza-se pela elevação temporária do nível de água relativo ao leito regular do canal da bacia de drenagem. Os excessos de água podem alcançar a planície aluvial atual (leito menor, várzea) e os terraços fluviais antigos (leito maior), topograficamente mais altos em relação à cota da planície aluvial atual, bem como outros terrenos mais elevados de encostas adjacentes (BITARET *al*, 2014).

Já a Secretaria Nacional de Defesa Civil (SEDEC) define:

Inundações são causadas pelo afluxo de grandes quantidades de água que, ao transbordarem dos leitos dos rios, lagos, canais e áreas represadas, invadem os terrenos adjacentes, provocando danos. As inundações podem ser classificadas em função da magnitude e da evolução (BRASIL, 2007:45)

Em relação a classificação das inundações quanto a evolução Goerl e Kobiyama (2005) definiram que inundações graduais (*flood ou flooding*) são aquelas que a elevação do nível da água ocorre lentamente e, são, geralmente, causadas por chuvas intensas e persistentes. Para os autores, as inundações bruscas (*flash floods*) ou enxurradas ocorrem de modo repentino quase ao mesmo tempo em que acontece a precipitação que a causa. Apesar das inundações bruscas causarem mais perdas de vida do que as inundações graduais a área impactada costuma ser menor.

Perdas significativas de infraestrutura urbana e social podem ocorrer devido a ocupação desordenada do território e pelo estabelecimento de comunidades e edificações em áreas suscetíveis a inundações, seja por predisposição natural ou por intervenções antrópicas.

Em outras palavras, inundações são eventos naturais de diferentes magnitudes e frequência que ocorrem nos corpos d'água. As características das inundações podem ser alteradas devido ao histórico de urbanização, pela ocupação de áreas suscetíveis, pela impermeabilização do solo e pela falta de gerenciamento de infraestruturas urbanas. (BOTELHO, 2011)

Sendo assim, a probabilidade e a ocorrência de inundação, enchente e dealagamento devem ser analisadas pela combinação entre as condicionantes naturais e antrópicas (QUADRO 2).

QUADRO 2: Condicionantes para a ocorrência e análise das inundações

Tipologia das Condicionantes.	Condicionantes
Naturais	Formas do relevo
	Características da rede de drenagem da bacia hidrográfica
	Intensidade, quantidade, distribuição e frequência das chuvas
	Características do solo
	Teor de umidade
	Presença ou ausência da cobertura vegetal
Antrópicas	Uso e ocupação nas planícies e margens de cursos d'água
	Alterações nas características da bacia hidrográfica e dos cursos d'água
	Disposição irregular de lixo nas proximidades dos cursos d'água
	Intenso processo de erosão dos solos e de assoreamento dos cursos d'água

Fonte: AMARAL e RIBEIRO, 2015:45

Dessa forma, possivelmente o principal motivo pelo mal funcionamento das bacias hidrográficas, segundo Botelho (2011), seja o desencontro entre a causa e o efeito fundamentado no comportamento humano diante dos impactos decorrentes das suas ações no ambiente

A ideia de que um simples papel de bala jogado no chão ou no próprio curso d'água não tem nenhuma implicação no sistema hídrico local ainda persiste e precisa ser totalmente combatida (BOTELHO, 2011:78)

Existe um senso comum em pensar que pequenas ações não fazem diferença no funcionamento do sistema. Essa ideia é extremamente individualista e descompromissada com as necessidades e com os benefícios coletivos de uma sociedade. Poucas pessoas têm a consciência de que habitam uma bacia hidrográfica, a compõem e são elementos que interagem dentro de um sistema cujo bom funcionamento também depende de suas ações (BOTELHO, 2011).

3 Revisão dos conceitos fundamentais

3.1 Perigo, Risco, Suscetibilidade e Resiliência

É necessário enquadrar as inundações nos conceitos de perigo e risco. Pode-se então, considerar que o “acontecimento físico” presente no conceito de desastre de Quarantelli (1998) é referente ao termo perigo. Perigo expressa uma circunstância que prenuncia um mal para alguém ou alguma coisa, podendo causar dano, perda ou prejuízo ambiental, humano, material ou financeiro (UNISDR, 2004) ou, uma condição com potencial de causar consequências negativas, ou seja, gerar perdas e danos em um intervalo de tempo (BITAR, *et al*, 2014).

A compreensão dos perigos ambientais envolve quase todos os fenômenos físicos da Terra individualmente ou em complexas interações. Os perigos podem ser classificados pela sua origem conforme Quadro 3.

QUADRO3: Definição e classificação do termo perigo (UNISDR, 2004)

PERIGOS NATURAIS (*NATURAL HAZARDS*) Processos ou fenômenos naturais que ocorrem na biosfera e que podem constituir-se em um evento danoso. Os perigos naturais podem ser classificados quanto à origem em: geológico, hidrometeorológico e biológico.

Categorias de Perigo Natural

Perigos geológicos	Processos ou fenômenos naturais que podem ser de origem endógena ou exógena
Perigos hidrometeorológicos	Processos ou fenômenos naturais de natureza atmosférica, hidrológica ou oceanográfica
Perigo biológico	Processo de origem biológica ou aqueles transmitidos por vetores biológicos, incluindo exposição aos micro-organismos patogênicos, tóxicos e substâncias bioativas

PERIGO TECNOLÓGICO (*TECHNOLOGICAL HAZARDS*) Perigo associado com acidentes tecnológicos ou industriais, rompimento de infraestrutura ou atividades humanas que podem causar perda de vidas ou ferimentos a pessoa, danos a propriedades, rupturas socioeconômicas ou degradação ambiental

Fonte: Tominaga, 2012:150

A pesquisa acerca dos perigos que ocorreram no passado e o monitoramento da situação do presente possibilitam entender e prever a ocorrência de futuros perigos, permitindo que uma comunidade ou o poder público possa minimizar o risco de um desastre (UNISDR, 2004).

Corroborando com a afirmação acima, Alexander (2011) aponta que o estudo sobre os cenários, passados e presentes, é vital para compreender os perigos que podem ser de algum modo antecipados, especialmente os que são recorrentes e sazonais. Uma investigação de eventuais consequências futuras, recorrendo a informações obtidas a partir de incidentes anteriores (SCHOEMAKER, 1993).

A definição do conceito de risco tem variado com tempo. A compreensão sistemática do risco pelos especialistas em geografia ou ciências sociais, desde o século XX, tem apresentado uma abordagem ligada aos sistemas naturais ou acidentes antrópicos (CARDONA, 2001). A definição do relatório da UNISDR (2004) diz que o conceito de risco expressa, uma probabilidade ou, frequência, esperada para a ocorrência dos danos, perdas ou prejuízo consequentes da consumação do perigo.

Na literatura científica, o conceito de risco passa a estar associado à probabilidade de ocorrência de um acontecimento (ex. doença, enchente, óbito), num determinado intervalo de tempo, precisando a utilidade de se distinguir o conceito de risco confirmado, objeto de predição científica, de risco potencial, que não pode ser definido de forma tão objetiva. (NOSSA, SANTOS e CRAVIÃO, 2013: 50).

Outros autores também relacionam o risco a perdas de vidas ou perdas econômicas, como por exemplo Keller e Blodgett (2004) e Varnes (1984) *apud* Van Westen (2006) que definem risco como o número esperado de vidas perdidas, pessoas feridas, prejuízos para o proprietário e destruição da atividade econômica em razão de um fenômeno particular.

Bitaret *al* (2014) traz o aspecto temporal na definição de risco. Para o autor, risco é uma medida da ameaça e das consequências, sejam elas, financeiras ou, até mesmo, na saúde englobando perdas de vidas, causadas por um evento ou desastre ambiental em um dado intervalo de tempo.

Rahn (1986) *apud* Salaroli (2003) argumenta que a ocorrência de um processo natural no qual não são registradas perdas de vida humana ou perdas econômicas é chamada de evento. Caso o risco seja concretizado, causando danos ao homem ou à sua propriedade, diz-se que ocorreu um acidente. Já o risco é descrito como as perdas esperadas e calculadas a partir da extrapolação de dados estatísticos coletados sobre os danos causados por um evento.

Matematicamente, o risco é a probabilidade de exercer níveis de consequências econômicas, sociais e ambientais em certo local durante certo tempo (CARDONA, 2001). Sendo assim, o risco é um perigo calculável, pois um processo potencialmente perigoso torna-se um risco para a população afetada a partir do momento em que sua ocorrência passa a ser previsível

Se, o que se pretende é a mensuração do risco, o estudo e o cálculo da ameaça é um importante passo, assim como a análise da vulnerabilidade. Por isso, muitos especialistas promoveram estudos sobre a vulnerabilidade física o que, na verdade, se relaciona com o grau de exposição e fragilidade de elementos expostas a ações de determinados fenômenos (CARDONA, 2001).

O termo vulnerabilidade será trabalhado na próxima sessão desta dissertação, no entanto, discorreremos, nos próximos parágrafos, acerca dos termos suscetibilidade e resiliência que facilitarão a compreensão dos estudos acerca da vulnerabilidade.

O Ministério da Cidades em parceria com o Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres (CEPED/UFSC) e o Instituto de pesquisas tecnológicas (IPT) definiu suscetibilidade como a potencialidade da ocorrência de processos naturais e induzidos em áreas de interesse ao uso do solo expressando-se segundo classes de probabilidade de ocorrência (FIGUEIREDO *et al*, 2013)

No âmbito das geociências aplicadas, a definição do termo suscetibilidade (*susceptibility*) pode ser sintetizada como a predisposição ou propensão dos terrenos ao desenvolvimento de um fenômeno ou processo do meio físico (FELL *et al.*, 2008; JULIÃO *et al.*, 2009; SOBREIRA e SOUZA, 2012; DINIZ, 2012; COUTINHO, 2013; BRESSANI e COSTA, 2013).

Para obter a suscetibilidade de uma área é necessário cartografar a exposição ao risco. As áreas, naturalmente propensas à inundação, são delineadas com a utilização dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) com a aplicação de um modelo que possibilite a análise e a delimitação das áreas suscetíveis em qualquer escala. A suscetibilidade é representada por linhas ou polígonos no mapa da área de estudo. Para efeito de comparação, as áreas suscetíveis podem ser agrupadas em unidades políticas ou administrativas (CUTTER, 2011).

De fato, o conhecimento prévio das suscetibilidades dos terrenos à geração e desenvolvimento de fenômenos e processos do meio físico cuja dinâmica pode ocasionar desastres naturais é de grande importância aos municípios, contribuindo para o planejamento do uso e ocupação do solo, controle da expansão urbana, avaliação de cenários potenciais de riscos e, ainda, no âmbito regional, auxiliar na elaboração de zoneamentos ecológico-econômicos (BITAR *et al* 2014:1).

O termo resiliência surgiu na física e foi adaptada às ciências sociais para referir à habilidade de superar adversidades, o que não significa invulnerabilidade às crises, mas capacidade de aprender com elas e de construir ferramentas para supera-las. O termo foi definido como a capacidade de uma comunidade exposta ao perigo e ao risco em resistir, absorver, adaptar-se e recuperar-se dos efeitos de um evento, em tempo adequado e de forma eficaz, o que inclui a preservação e a restauração de suas estruturas e funções básicas (UNISDR, 2009).

A resiliência pode ser determinada pelo grau de organização de uma comunidade e pela capacidade de assimilar e aprender com os desastres passados. Por essas determinantes, há muitos esforços de pesquisas e projetos com vistas a aumentar a resiliência de comunidades expostas à riscos ou residentes em áreas suscetíveis.

Alexander (2011) aponta que a Sociedade resiliente é aquela que tem necessidade de desenvolver a capacidade de resistir as forças que causam desastres e de as absorver (ou seja, de se lhes adaptar). Dessa forma a resiliência social está associada à reserva de fundos para contingências pós-desastres e para resistir a eles no futuro.

Para facilitar a compreensão, o quadro 4 apresenta, de forma sintética, os conceitos até aqui já mencionados e que foram admitidos na realização deste trabalho.

QUADRO 4: Sistematização dos termos e conceitos utilizados

Termo	Conceito	Autor
Desastre Natural	Resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema, causando danos humanos, materiais e/ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais	Glossário da Defesa Civil (Brasil, 1998)
Inundações	Transbordamento das águas do leito, atingindo a planície de inundação ou área de várzea	Ministério das Cidades, 2007
Enchentes	Definidas pela elevação do nível d'água no canal de drenagem devido ao aumento da vazão, atingindo a cota máxima do canal, sem extravasar	Ministério das Cidades, 2007
Alagamentos	Acúmulo momentâneo de águas em determinados locais por deficiência no sistema de drenagem	Ministério das Cidades, 2007
Enxurrada	Escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte, que pode ou não estar associado a áreas de domínio dos processos	Ministério das Cidades, 2007
Perigo	Condição com potencial de causar consequências negativas, ou seja, gerar perdas e danos em um intervalo de tempo	BITAR, <i>et al</i> , 2014
Evento	Ocorrência de um processo natural no qual não são registradas perdas de vida humana ou perdas econômicas	Rahn (1986)
Risco	Probabilidade ou, frequência, esperada para a ocorrência dos danos, perdas ou prejuízo consequentes da consumação do perigo	UNISDR (2004)
Suscetibilidade	Predisposição ou propensão dos terrenos ao desenvolvimento de um fenômeno ou processo do meio físico	BITAR, <i>et al</i> , 2014
Resiliência	Capacidade de resistência da sociedade frente a processos e eventos naturais extremos ou capacidade da comunidade exposta ao risco em recuperar-se das consequências de um desastre natural	BITAR, <i>et al</i> , 2014

3.2 Evolução do Conceito de Vulnerabilidade

A palavra vulnerabilidade vem do latim e significa que algo é facilmente ferido. Na década de 1970 a vulnerabilidade era estudada por equipes de engenharia e, com o passar dos anos, os estudos de vulnerabilidade expandiram para avaliar humanos, edifícios e

infraestrutura após o acontecimento dos desastres, podendo ser chamada de vulnerabilidade ambiental. Em 1975, termo vulnerabilidade expandiu o significado para a defesa do comportamento humano e, pela primeira vez, os fatores socioeconômicos foram enfatizados, surgindo o termo vulnerabilidade social (ZHANG e YOU, 2014).

A partir dos anos 80 e 90, a palavra vulnerabilidade foi difundida em vários países e outros aspectos começaram a ser como, por exemplo, os elementos expostos a vulnerabilidade citando as comunidades, os sistemas que podem ser impactados e suas características (CARDONA, 2001). Susman *et al* (1984), diz que a vulnerabilidade é o grau, em que diferentes classes sociais, estão expostas aos riscos ambientais de maneiras distintas.

Segundo Cutter (2011), a vulnerabilidade, numa definição lata, é o potencial para a perda que inclui elementos de exposição e de propensão ao risco. Sendo assim, o conceito de vulnerabilidade não trata simplesmente da exposição aos desastres ambientais, mas também da capacidade das pessoas de lidar com as consequências e impactos do desastre e de se adaptar às novas circunstâncias, ou seja, a resiliência.

Em outras palavras, o conceito de vulnerabilidade pode ser definido como uma situação em que estão presentes três elementos: exposição ao risco; incapacidade de reação; e dificuldade de adaptação diante da materialização do risco (MOSER, 1998). Nesse sentido, um conceito possível de ser usado para analisar estas questões é o de vulnerabilidade socioambiental, que pode ser definido como a coexistência, cumulatividade ou sobreposição espacial de situações de pobreza ou privação social e de convivência com a probabilidade da ocorrência de um desastre (ALVES, 2006).

No entanto, para entender o termo vulnerabilidade, nas diversas abordagens científicas, é preciso considerar, simultaneamente, o conceito de risco. Isso se deve do termo vulnerabilidade, inicialmente, ter sido abordado no contexto dos estudos sobre risco em sua dimensão ambiental e, mais tarde, no contexto socioeconômico (MARANDOLA e HOGAN, 2005).

A vulnerabilidade foi colocada no debate ambiental no contexto dos estudos sobre os riscos, principalmente pelo crescimento do interesse e preocupação com as populações que vivem em situação vulnerável. Profissionais passam a ocupar-se de estudos sobre inundações, deslizamentos e outras situações em que o ambiente, conjugado a fatores socioeconômicos, expõe as populações a riscos, sobretudo nas cidades (PRATES e AMORIM, 2017).

Para Cardona (2001), a vulnerabilidade está associada a ameaça e pode ser definida como um fator de risco interno de um indivíduo ou sistema exposto a uma ameaça, correspondente a sua predisposição intrínseca a ser afetado ou ser suscetível a sofrer um dano.

Não se pode ser vulnerável se não está exposto a uma ameaça e ao seu potencial de impacto. Como não é possível intervir na ameaça para diminuir o risco não resta outra alternativa a não ser reduzir as condições de vulnerabilidade das comunidades expostas.

Outra linha de análise sobre vulnerabilidade tem origem nos estudos sobre desastres naturais (*natural hazards*) e avaliação de risco (*riskassessment*). Nesta perspectiva, a vulnerabilidade pode ser entendida como a interação entre o risco existente em determinado lugar (*hazardofplace*), suas características e o grau de exposição da população lá residente (CUTTER, 1994; 1996). Alves (2006) aponta que há uma relação direta entre exposição a riscos ambientais e precariedade de acesso a serviços públicos.

Cardona (2001) aponta que existem várias dimensões para compreensão do termo vulnerabilidade, tanto na formulação de um conceito quanto na sua aplicação empírica. O autor afirma que, em 1989, Wilches-Chaux propôs um conceito capaz de integrar as seguintes dimensões de vulnerabilidade (**QUADRO 5**).

QUADRO 5: Dimensões da vulnerabilidade

Dimensão da Vulnerabilidade	Descrição
Dimensão física	Expressa as características das áreas propensas a sofrer o risco e sua capacidade de absorver os impactos. Por exemplo: A localização de uma comunidade em área suscetível
Dimensão econômica	Setores economicamente mais abatidos são mais vulneráveis. Por exemplo: A pobreza aumenta a vulnerabilidade, podendo se expressar com desemprego e dificuldade de acesso à serviços básicos
Dimensão social	O nível de organização de uma comunidade aumenta sua resiliência
Dimensão educativa	Falta de conhecimento torna uma comunidade mais vulnerável
Dimensão política	Reflete o nível de autonomia que uma comunidade tem a respeito de seus recursos e na tomada de decisão. Quanto maior a autonomia, menos vulnerável é a comunidade.
Dimensão institucional	Relaciona-se com a dificuldade de uma instituição em fazer a gestão dos riscos.
Dimensão ambiental	A vulnerabilidade aumenta devido à degradação dos ecossistemas
Dimensão cultural	Associada a maneira como os indivíduos se enxergam na sociedade. Ao sentimento de pertencimento e responsabilidade com o entorno.
Dimensões ideológicas	Se expressão em atitudes passivas fatalistas e/ou crenças religiosas que limitam a capacidade de ação do homem

Fonte: Adaptado de CARDONA (2001)

A abordagem das diversas dimensões da vulnerabilidade facilita seu entendimento como uma condição ou circunstancia dinâmica. Permite a sua formulação como um processo acumulativo de fragilidades, deficiências e limitações (CARDONA, 2001)

Em síntese, a vulnerabilidade reflete uma carência de desenvolvimento. Nos países em desenvolvimento percebe-se um aumento da vulnerabilidade ocasionado por fatores como o rápido e incontrolável crescimento urbano e a deterioração ambiental que ocasionam

perda da qualidade de vida e destruição dos recursos naturais, das paisagens e da diversidade genética e cultural (CARDONA, 2001).

A segregação social faz com que uma parcela da população se aloque em áreas suscetíveis as inundações. Salvo os casos de especulação imobiliária incentivada pelas paisagens naturais, é comum se observar edificações mal construídas próximas aos rios, geralmente em estado ambiental de degradação onde vivem comunidades em estado de pobreza (CARDONA, 2001 e ALVES, 2006).

É de suma importância, entender as diversas dimensões de vulnerabilidade para, posteriormente, integrar as várias abordagens e construir uma visão holística, pois, a efetividade das políticas públicas só é possível com a interdisciplinaridade e enfoque integral.

Mesmo assim, o entendimento da literatura acerca do conceito de vulnerabilidade pode ser muito diferente da leitura dos gestores públicos responsáveis pela tomada de decisão para a redução dos impactos e do gerenciamento dos riscos. A gestão da vulnerabilidade demanda tempo, recurso e compromisso político para corrigir as desigualdades produzidas e perpetuadas ao longo do tempo e da história (SULAIMAN e ALEDO, 2016).

Com vistas ao exposto acima, o quadro 6 traz uma sistematização acerca da evolução do conceito de vulnerabilidade, visto neste capítulo. O quadro foi adaptado do estudo de Cutter (1996) e complementado com outros autores. A sistematização facilita o desenvolvimento de uma visão mais holística da vulnerabilidade, uma vez que, que traz ao leitor, os diversos enfoques adotados pelos estudiosos, ao longo do tempo.

QUADRO 6: Sistematização dos conceitos de vulnerabilidade

Autor	Definição
Gabor &Griffitch (1980)	Vulnerabilidade é a ameaça (ao perigo material) ao qual as pessoas estão expostas (incluindo agentes químicos e a situação ecológica da comunidade e o seu nível preparo para emergência). Vulnerabilidade é o contexto do risco.
Timmerman (1981)	Vulnerabilidade é o grau a que um sistema age adversamente à ocorrência de um evento perigoso. O grau e a qualidade da reação adversa são condicionados por um sistema de resiliência (uma medida da capacidade do sistema de absorver e de se recuperar do evento).
Undro (1982)	Vulnerabilidade é o grau de perda para um dado elemento ou conjunto de elementos em risco resultante da ocorrência de fenômenos naturais de uma dada magnitude.
Susmanet al. (1984)	Vulnerabilidade é o grau ao qual diferentes classes são diferentes em situação de risco.
Kates (1985)	Vulnerabilidade é a capacidade de sofrer danos e reagir adversamente.
Pljawka&Radwan (1985)	Vulnerabilidade é a ameaça ou interação entre risco e preparação. É o grau a que materiais perigosos ameaçam uma particular população (risco) e a capacidade da comunidade de reduzir o risco ou consequências adversas do lançamento de materiais perigosos.
Bogard (1989)	Vulnerabilidade é operacionalmente definida como a incapacidade de tomar medidas efetivas contra perdas. Quando aplicada a indivíduos, vulnerabilidade é a consequência da impossibilidade ou da improbabilidade de efetiva mitigação e é uma função da

Autor	Definição
	nossa capacidade para detectar o perigo.
Mitchel (1989)	Vulnerabilidade é o potencial para perdas.
Liverman (1990 a)	Distingue a vulnerabilidade como uma condição biofísica da vulnerabilidade definida pelas condições, políticas, sociais e econômicas da sociedade. A autora defende a vulnerabilidade no espaço geográfico (onde a pessoa vulnerável e o lugar estão localizados) e a vulnerabilidade no espaço social (quem é vulnerável naquele espaço).
Downing (1991 b)	Vulnerabilidade tem três conotações: refere a uma consequência (p. ex. fome) ao invés da causa (p. ex. secas); implica em uma consequência adversa (p. ex. a produtividade do milho é sensível à seca; domicílios são vulneráveis à fome); e a diferença entre grupos socioeconômicos ou regiões é uma medida relativa ao invés de uma medida absoluta de privação.
Dow (1992)	Vulnerabilidade é a capacidade diferenciada de grupos e indivíduos para lidar com o perigo, com base em sua posição em um mundo físico e social.
Smith (1992)	Risco de um perigo específico varia através do tempo e de acordo com mudança em uma (ou ambas): exposição física ou vulnerabilidade humana (a amplitude da tolerância social e econômica disponíveis no mesmo lugar).
Alexander (1993)	Vulnerabilidade humana é uma função dos custos e benefícios de habitar áreas de risco ao desastre natural.
Cutter (1993)	Vulnerabilidade é a probabilidade de indivíduo ou grupo ser exposto e afetado adversamente por um perigo. É a interação do perigo do lugar (risco e mitigação) com o perfil social da comunidade.
Watts &Bohle (1993)	Vulnerabilidade é definida em termos de exposição, capacidade e potencialidade. Por conseguinte, a resposta prescritiva e normativa à vulnerabilidade é reduzir a exposição, aumentar a capacidade de enfrentamento, fortalecer o potencial de recuperação e reforçar o controle de danos, (isto é minimizar as consequências destrutivas) por meio de recursos públicos e privados.
Blaikie et. Al (1994)	Por vulnerabilidade nós entendemos as características de uma pessoa ou grupo em termos de sua capacidade para antecipar, lidar, resistir e recuperar do impacto de um desastre natural. Isto envolve uma combinação de fatores que determinam o grau a que a vida e o sustento de algumas pessoas são colocados em risco por um discreto e identificável evento na natureza ou na sociedade.
Bohle et. Al (1994)	Vulnerabilidade é melhor definida como uma medida agregada que integra exposição ambiental, social, econômica e política a uma gama de potenciais perturbações prejudiciais. Vulnerabilidade é um espaço social multicamadas e multidimensional definido por determinada capacidade política, econômica e institucional de pessoas em lugares e tempo específicos.
Dow &Downing (1995)	Vulnerabilidade é a suscetibilidade diferencial das circunstâncias que contribuem para a vulnerabilidade. Fatores biofísicos, demográficos, econômicos, sociais e tecnológicos tais como a estrutura etária da população, dependência econômica, racismo e a idade da infraestrutura são alguns fatores que têm sido examinados em associação com riscos naturais.
Moser (1998)	O conceito de vulnerabilidade pode ser definido como uma situação em que estão presentes três elementos: exposição ao risco; incapacidade de reação; e dificuldade de adaptação diante da materialização do risco.
Cardona (2001)	Fator de risco interno de um indivíduo ou sistema exposto a uma ameaça, correspondente a sua predisposição intrínseca a ser afetado ou a ser suscetível a sofrer um dano
ISDR (2004)	Conjunto de condições determinadas por fatores ou processos físicos, econômicos, sociais e ambientais que aumentam a suscetibilidade de uma comunidade para o impacto dos riscos
Alves (2006)	Vulnerabilidade socioambiental, pode ser definido como a coexistência, cumulatividade ou sobreposição espacial de situações de pobreza ou privação social e de convivência com a probabilidade da ocorrência de um desastre.
Cutter (2011)	Vulnerabilidade, numa definição lata, é o potencial para a perda que inclui elementos de exposição e de propensão ao risco

Fonte: Adaptado de Cutter (1996: 531-532). Tradução livre.

3.3 Elementos que influenciam a vulnerabilidade

A partir da perspectiva da evolução do conceito de vulnerabilidade e da abrangência dos estudos sobre este tema, é possível notar que há uma relação direta entre exposição a riscos ambientais, a precariedade de acesso a serviços públicos e resiliência de uma comunidade para que possamos mensurar a vulnerabilidade. Desta maneira, torna-se necessário aprofundar os conhecimentos sobre a percepção individual e coletiva do risco, investigar as características culturais, de desenvolvimento e de organização das comunidades, bem como levantar o perfil socioeconômico definindo os elementos que favorecem ou dificultam a prevenção e, a mitigação dos impactos de um desastre natural (MASKREY, 1994). Ou seja, no contexto deste trabalho, os elementos ou características que atuam direto e indiretamente na vulnerabilidade da comunidade exposta a inundações.

Diante desse cenário, são relevantes os trabalhos de Wisner, Blaikie, Cannon e Davis (2004) que abordam as causas dos desastres naturais em diferentes escalas, tempos e espaços como um processo sócio histórico de desdobramentos e inter-relações a partir da “progressão da vulnerabilidade”. Segundo os autores, há três escalas de análise da vulnerabilidade: “causas profundas”, “pressões dinâmicas” e “condições inseguras” (SULAIMAN e ALEDO, 2001).

As “causas profundas” da vulnerabilidade relacionam-se com a distribuição de poder e com o modelo de organização social. As “pressões dinâmicas” são processos e atividades que decorrem das “causas profundas”, e podem ser exemplificadas com crescimento populacional, políticas assistencialistas, falta de participação social, degradação ambiental, ocupação ilegal/irregular. As “condições inseguras” são as formas específicas que materializam a vulnerabilidade no tempo e espaço, como habitações precárias, falta de rede de drenagem, analfabetismo, desemprego, etc. (SULAIMAN e ALEDO, 2001)

Desta maneira, para entender as “*causas profundas*” da vulnerabilidade de uma comunidade é necessário conhecê-la. A organização de uma comunidade aumenta sua resiliência que, por sua vez, diminui sua vulnerabilidade. Pode-se tratar o conceito de vulnerabilidade pelo nível de resiliência dos indivíduos ou das comunidades quando expostos a algum risco ambiental, mas, dessa forma, os fatores causadores da vulnerabilidade seriam negligenciados e as políticas de gerenciamento de riscos ineficientes (SULAIMAN e ALEDO, 2001).

Para evitar este erro é necessário entender as diversas dimensões de vulnerabilidade e, posteriormente, integrar as várias abordagens construindo uma visão holística, pois, a efetividade das políticas públicas só é possível com a interdisciplinaridade e enfoque integral (CARDONA, 2001).

Alguns riscos e perigos têm relações e estruturas causais mais imediatas e evidentes, este é o caso das inundações (MARANDOLA e HOGAN, 2006). As comunidades residentes nas áreas suscetíveis a inundações são vulneráveis em quase todas as dimensões. Pois, geralmente, têm baixo nível educacional e cultural, renda escassa e pouco acesso as necessidades básicas de saneamento, o que reflete no grau de organização dessas comunidades e autonomia na tomada de decisão (CARDONA, 2001).

Os estudos acerca da vulnerabilidade fornecem dados empíricos para elaboração de políticas de redução e gerenciamento de riscos por meio do desenvolvimento de métodos que geram dados de análise e mensuração da vulnerabilidade social aos riscos ambientais e eventos extremos. Nisto reside a importância e a inseparabilidade das dimensões social e ambiental da vulnerabilidade ou, em outras palavras, da vulnerabilidade social e da suscetibilidade ambiental.

De igual importância para os estudos de vulnerabilidade são as interações entre os sistemas sociais e as estruturas artificiais ou equipamentos urbanos, como barragens, diques, redes de drenagem e pavimentação por exemplo. O conhecimento geoespacial dos locais também é de fundamental importância pois, os desastres são locais e as respostas imediatas também são. Por isso o mesmo acontecimento pode produzir impactos diferentes em locais com dinâmicas sociais e ambientais diferentes.

Para a rede de Estudos Sociais em Prevenção de Desastres na América Latina, a vulnerabilidade é o resultado de processos sociais, econômicos e políticos. Para obter um cálculo de vulnerabilidade é preciso considerar os aspectos físicos, os fatores sociais, como a fragilidade das economias familiares e coletivas, a ausência de saneamento básico, a falta de acesso a propriedade e ao crédito, a presença de contaminados, o analfabetismo ou ausência de oportunidades educacionais (CARDONA, 2001)

Neste sentido, é preciso entender todos os elementos que influenciam na vulnerabilidade que não pode ser considerada somente o resultado de exposição aos riscos, mas também da condição de fragilidade ou incapacidade de reação coletiva gerada pelo somatório de condições de desigualdade social envolvendo fatores como: pobreza, idade, gênero, renda, escolaridade e experiência acumulada para lidar com eventos (NOSSA, SANTOS, CRAVIDÃO, 2013)

Embora a problemática da vulnerabilidade social seja frequentemente descrita e estimada a partir de características individuais dos sujeitos que compõe uma população (idade, sexo, escolaridade, rendimento, habitação, emprego), não se deve ignorar que a vulnerabilidade é um produto social que resulta da materialização de desigualdades. (CUTTER, BORUFF e SHIRLEY, 2003)

O conceito de vulnerabilidade social inclui dois significados: primeiro, enfatiza os potenciais fatores que constroem a vulnerabilidade, inclui a estrutura social pré-desastre, o status social, grupos sociais particulares ou outras forças institucionais, e outros fatores, quanto maior o capital social, menor vulnerabilidade. Em segundo lugar, enfatiza um tipo de vulnerabilidade refletida pela adaptação da capacidade de resposta ao risco e aos desastres, que mostra as propriedades da vulnerabilidade durante o processo de resposta ou recuperação de desastres (ZHANG e YOU, 2014)

Algumas circunstâncias sociais podem ser consideradas como aspectos associados à vulnerabilidade, como o status socioeconômico, por exemplo, que pode ser considerada tanto como consequência, quanto como causa da vulnerabilidade, entretanto, é necessário entender os fatores determinantes para que uma população seja vulnerável. Sem dúvida, muitos impactos negativos são agravados por fatores econômicos e políticos que estimulam a ocupação de áreas suscetíveis às inundações. O quadro 7 traz algumas características ou aspectos socioeconômicos que influenciam direta ou indiretamente vulnerabilidade de uma comunidade compilado por Cutter et al (2003) e associados às características da sociedade norte-americana.

QUADRO7: Fatores e características que influenciam a vulnerabilidade

Conceito	Descrição	Aumento ou decréscimo p/ Vulnerabilidade Social
Status Socioeconômico (renda, poder político, prestígio)	A habilidade em assimilar perdas e aumentar a resiliência aos impactos do perigo. Riqueza permite a comunidade assimilar e se recuperar de perdas mais rapidamente devido a seguros, redes de segurança social e programas de direitos.	Alto Status (-) Baixa renda ou status (+)
Gênero	As mulheres podem ter maior dificuldade de se recuperarem no decorrer do tempo em relação aos homens, muitas vezes devido a emprego em setores específicos, salários mais baixos e responsabilidades de cuidados familiares.	Gênero (+)
Idade	Extremos do espectro etário afetam o movimento para fora do perigo. Os pais perdem tempo e dinheiro cuidando das crianças quando as creches são afetadas; os idosos podem ter restrições de mobilidade ou problemas de mobilidade, aumentando a carga de cuidado e a falta de resiliência.	Idosos (+) Crianças (+)
Raça e etnia	Impõe barreiras linguísticas e culturais que afetam o acesso ao financiamento pós-desastre e locais residenciais em áreas de alto risco.	Não-branco (+) Não-Anglo (+)
Desenvolvimento comercial e industrial	O valor, a qualidade e a densidade dos edifícios comerciais e industriais fornecem um indicador do estado da saúde econômica de uma comunidade e das possíveis perdas na	Alta densidade (+)

Conceito	Descrição	Aumento ou decréscimo p/ Vulnerabilidade Social
	comunidade empresarial, além de problemas de longo prazo com a recuperação após um evento.	Alto valor (+/-)
Perda/falta de emprego	de O potencial de perda/falta de emprego após uma catástrofe aumenta o número de trabalhadores desempregados numa comunidade, contribuindo para uma recuperação mais lenta do desastre.	Perda/falta de emprego (+)
Rural/Urbano	Moradores rurais podem ser mais vulneráveis devido aos mais baixos rendimentos/rendas e são mais dependentes das economias de extração de recursos locais (por exemplo, agricultura, pesca). Áreas altamente povoadas/densamente povoadas (urbanas) complicam/dificultam a evacuação do local do desastre.	Rural (+) Urbano (+)
Propriedade residencial	O valor, a qualidade e a densidade de construção residencial afetam potencialmente as perdas e a recuperação. Casas caras, localizadas na costa, são caras para serem substituídas; casas móveis são facilmente destruídas e menos resilientes aos perigos.	Casas móveis (+)
Infraestrutura e lifelines (linhas de vida)	e Perda de esgoto, pontes, água, comunicações e infraestrutura de transporte constituem perdas potenciais em desastres. A perda de infraestrutura pode representar um ônus financeiro insuperável para as comunidades menores, que não dispõem de recursos financeiros para se reconstruírem.	Infraestrutura extensa (+)
Locatários	Pessoas que alugam fazem isso porque são transitórias/temporários ou não têm os recursos financeiros para a obtenção da casa própria. Eles geralmente não têm acesso à informação sobre ajuda financeira durante a recuperação. Nos casos mais extremos, os locatários não têm opções de abrigo quando o alojamento se torna inabitável ou muito caro para pagar.	Locatários (+)
Emprego	Algumas ocupações, especialmente aquelas que envolvem a extração de recursos, podem ser severamente afetadas por um evento de risco. Os pescadores autônomos sofrem quando seus meios de produção são perdidos e podem não ter o capital necessário para retomar o trabalho em tempo hábil e, portanto, buscarão emprego alternativo. Os trabalhadores migrantes engajados na agricultura e os trabalhos de serviços qualificados (limpeza, creches e jardinagem) também podem sofrer, à medida que a renda disponível diminui e a necessidade de serviços diminui. Status de imigração também afeta a recuperação ocupacional	Profissional ou gerencial (-) Trabalhador primário (+) Setor de serviço (+)
Estrutura Familiar	Famílias com um grande número de dependentes ou famílias monoparentais muitas vezes têm finanças limitadas para terceirizar o cuidado de dependentes e, portanto, devem conciliar as responsabilidades de trabalho e cuidar dos membros da família. Todos afetam a resiliência e a recuperação de perigos.	Altas taxas de natalidade (+) Famílias numerosas (+) Famílias monoparentais (+)
Educação	A educação está ligada ao status socioeconômico, com maior nível educacional, resultando em maiores ganhos ao longo da vida. O ensino inferior restringe a capacidade de compreender informações de aviso e acesso a informações de recuperação.	Pouca educação (+) Alto nível de educação (-)
Crescimento Populacional	As comunidades que experimentam um crescimento rápido não têm moradia de qualidade disponível, e a rede de serviços sociais pode não ter tido tempo de se ajustar ao aumento de população. Os novos migrantes podem não falar a língua e não estar familiarizados com as burocracias para obter informações de socorro ou recuperação, os quais aumentam a	Crescimento acelerado (+)

Conceito	Descrição	Aumento ou decréscimo p/ Vulnerabilidade Social
	vulnerabilidade.	
Serviços de Saúde	Serviços de saúde, incluindo médicos, asilos e hospitais, são importantes fontes de alívio pós-evento.	Alta densidade de serviços de saúde (-)
Dependência social	As pessoas totalmente dependentes dos serviços sociais para a sobrevivência já são marginalizadas economicamente e socialmente, e necessitam de apoio adicional no período pós-desastre.	Alta dependência (+) Baixa dependência (-)
População com necessidades especiais	Populações de necessidades especiais (enfermas/doentes, institucionalizadas, transitórias, sem-teto), embora difíceis de identificar e de medir, são desproporcionalmente afetadas durante os desastres e, devido à sua invisibilidade nas comunidades, a maioria é ignorada durante a recuperação.	População com grandes necessidades especiais (+)

Fonte: Adaptado de Cutter *et al* (2003: 243:249-532). Tradução livre.

Em síntese, a vulnerabilidade sempre será definida a partir de um perigo, em um contexto geográfico e social e, a partir desta delimitação é possível identificar os elementos que podem promover a diminuição da vulnerabilidade e as situações e elementos que aumentam o risco (MARANDOLA e HOGAN, 2006).

Não há um consenso sobre a vulnerabilidade e suas correlações, a vulnerabilidade social pode ser encarada como um conceito multidimensional que ajuda a identificar as características e experiências das comunidades que as permite responder e se recuperar dos impactos dos desastres naturais (CUTTER *et al*, 2003)

3.4 Os indicadores nos estudos de vulnerabilidade

Em linhas gerais, a vulnerabilidade é parcialmente um produto da desigualdade dos fatores sociais que influenciam a capacidade de resposta de uma sociedade a um dado evento ou desastre ambiental. Cutter *et al* (2003) questionaram a necessidade de um conjunto robusto de indicadores para avaliar a vulnerabilidade que facilite a comparação entre diversos lugares para explicar e mitigar os diferentes impactos e prejuízos causados pelos desastres naturais (CUTTER *et al*, 2003)

Nas décadas de 1960 e 1970 os indicadores sociais eram um tópico importante nos estudos teóricos e metodológicos no campo das ciências sociais. O desenvolvimento de indicadores ambientais começa a aparecer nos estudos sobre qualidade de vida. Os estudos sobre indicadores perderam aforça durante algum tempo, dando lugar às classificações locais os *rankings* comparativos de qualidade de vida (CUTTER *et al*, 2003)

Por volta dos anos 2000 as pesquisas com indicadores sociais e ambientais retornam com novo fôlego, O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) do Programa de desenvolvimento das Nações Unidas é um bom exemplo disso mas, mesmo com todos os esforços existentes, Cutter *et al* (2003) aponta para a inexistência de um conjunto de medidas para avaliar a vulnerabilidade de comunidades expostas aos perigos ambientais, embora isto tenha sido solicitado para a construção do indicador proposto.

Como explicitado no tópico anterior desta dissertação, há um consenso dentro da comunidade científica sobre alguns fatores que influenciam a vulnerabilidade social como, escolaridade ou acesso à informação, estrutura etária e infraestrutura urbanas. No entanto é preciso diferenciar os indicadores sociais das estatísticas públicas que são o dado social na sua forma bruta e constituem-se na matéria prima para a construção dos indicadores sociais (JANNUZZI, 2001).

Partindo do princípio que um indicador tem como função a operacionalização empírica de um conceito, torna-se evidente a necessidade de se discutir uma seleção robusta de variáveis sociais e ambientais que influenciam o conceito de vulnerabilidade e capture suas características. Permitindo monitorar as mudanças geográficas e temporais das condições de vulnerabilidade das comunidades expostas aos desastres ou eventos ambientais

4 Área de Estudo

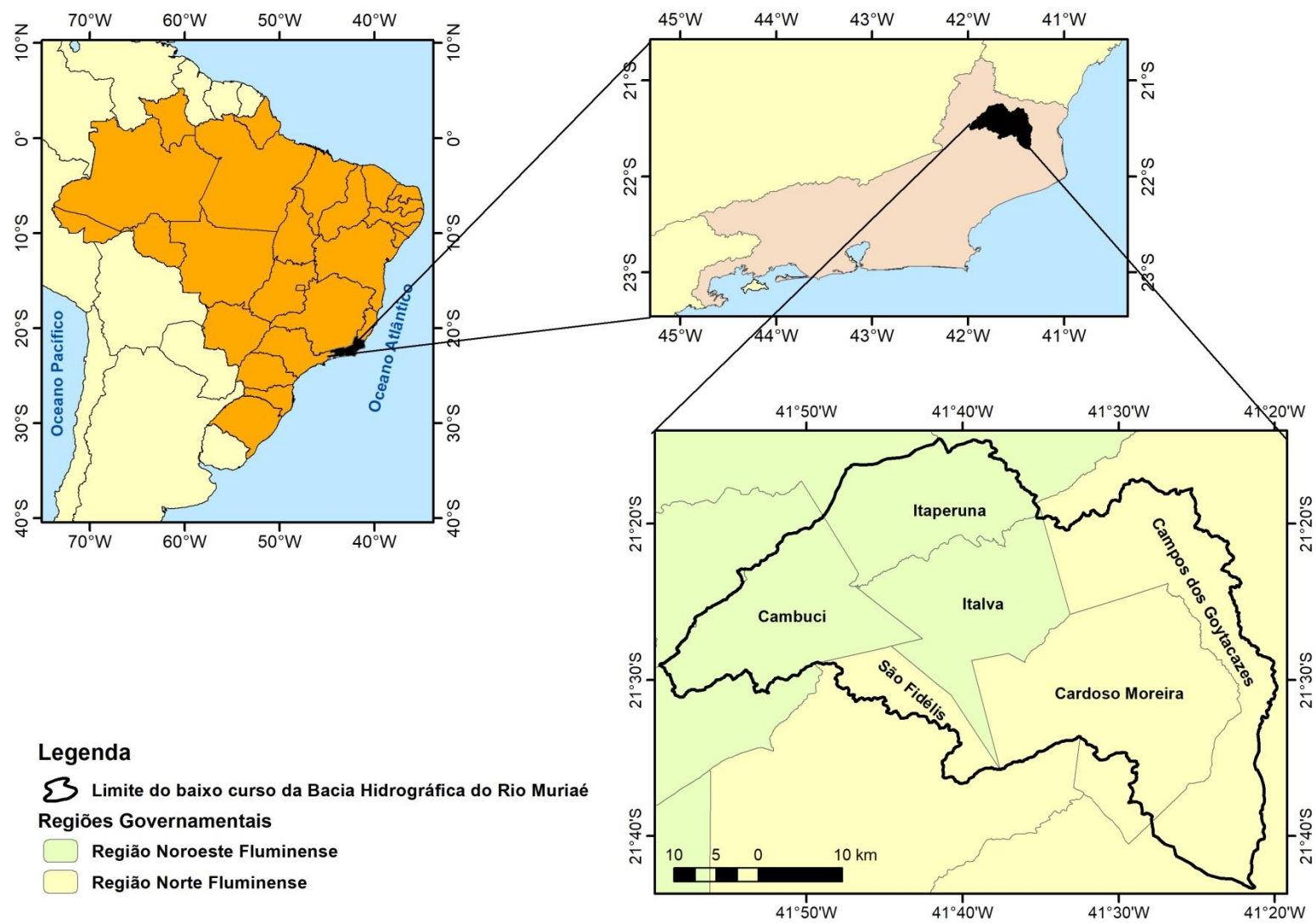
4.1 Caracterização física

O rio Muriaé é formado pela confluência dos rios Bom Sucesso e Samambaia, cujas nascentes localizam-se no município de Mirai (MG) a 900 m de altitude. A bacia do rio Muriaé desenvolve-se, primeiramente, em Minas Gerais em região de relevo acidentado e de várzeas extensas com predominância de atividade agropecuária. No Estado do Rio de Janeiro, o rio Muriaé se desenvolve em regiões de planície, onde se destaca a cultura de cana-de-açúcar e criação de gado.

A bacia hidrográfica do rio Muriaé possui drenagem total de 8.200 Km², abrangendo 19 municípios mineiros e 7 fluminenses. Caracteriza-se pela ocupação desordenada e pelo lançamento de efluentes não tratados, provenientes dos esgotos domésticos, resultando em risco para a saúde pública. Além disso, a parte da bacia pertencente ao estado de Minas Gerais contribui com grandes deflúvios superficiais que escoam em direção ao estado do Rio de Janeiro durante os períodos de enchentes, agravando os impactos nos municípios fluminenses. Outra característica relevante é a degradação da cobertura vegetal, implicando em carreamento de sedimentos para as calhas dos cursos d'água (AGEVAP, 2010).

A bacia hidrográfica do rio Muriaé é dividida em três áreas: alto curso (Minas Gerais), médio curso (Noroeste Fluminense) e baixo curso que abrange seis municípios: Campos dos Goytacazes, Cardoso Moreira, São Fidelis (Norte Fluminense), Cambuci, Italva e Itaperuna (Noroeste Fluminense). Dois centros regionais apresentam parte de seu território na área de estudo: Campos dos Goytacazes e Itaperuna. O primeiro apresenta cerca de 11% seu território no baixo curso do Rio Muriaé, enquanto Itaperuna tem apenas aproximadamente 2%. Os demais municípios (Cambuci, Cardoso Moreira, Italva e São Fidélis) são pequenos núcleos populacionais e predominam as atividades ligadas à pecuária para o dinamismo da sua economia (AMORIM, REIS e FERREIRA, 2017).

Este trabalho tem como objeto de estudo o baixo curso da bacia hidrográfica do rio Muriaé que é uma sub-bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul e está inserida no comitê de bacia hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul. Os municípios Cardoso Moreira e Italva possuem todo o seu território dentro dos limites da bacia Hidrográfica do baixo curso do rio Muriaé (FIGURA 2).



A degradação da cobertura vegetal natural da bacia hidrográfica do baixo curso do rio Muriaé está associada, principalmente, às plantações de cana de açúcar, a agropecuária e ocupação desordenada. A implementação de áreas de pastagens e a pavimentação do solo diminuem a capacidade de infiltração da água de precipitação aumentando o escoamento superficial. Esses dois fatores, somados a ineficiência das infraestruturas urbanas e a falta de um zoneamento territorial adequado, agravam os impactos das inundações nos vales e nas planícies fluviais. Importante ressaltar que foram registrados muitos eventos de inundação e enxurrada na bacia do rio Muriaé com consequências para o meio natural e antrópico (AMORIM, REIS e FERREIRA, 2017).

4.2 Inventário de inundações

As Defesas Cíveis dos municípios situados no baixo curso do rio Muriaé notificam ao Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID,2015), as ocorrências de inundações relacionadas as precipitações acumuladas, de volumes superiores a 100 mm em um período de cinco dias. Com base nestas notificações, o quadro 08 apresenta o levantamento do histórico de inundações da área em estudo.

A intensidade dos episódios de inundação está relacionada a três fatores: área de abrangência, danos na infraestrutura e prejuízos materiais e população diretamente atingida, contabilizando desalojados, desabrigados, enfermos e óbitos.

QUADRO 8. Síntese das inundações registradas no Sistema Integrado de Informações sobre Desastres nos municípios pertencentes ao baixo curso do rio Muriaé

Registro da ocorrência	Áreas atingidas	Rural	Urbana	Tipo de Ocorrência
05/02/2004	Campos dos Goytacazes	X	X	Inundações Gradual
	Cardoso Moreira	X	X	
	Italva	X	X	
	Itaperuna	X	X	
	São Fidelis	X	X	
05/03/2005	Cardoso Moreira	X	X	Inundação Gradual
05/01/2007	Cambuci	X	X	Inundação Gradual
	Cardoso Moreira	X	X	
	Italva	X	X	
11/01/2007	Itaperuna	X	X	Inundação Gradual
04/04/2007	Cardoso Moreira	X	X	Inundação Gradual
	Italva	X	X	
25/11/2008	Campos dos Goytacazes	X	X	Inundações Gradual
17/12/2008	Cardoso Moreira	X	X	Inundação Gradual
	Italva	X	X	
	Itaperuna	X	X	
18/12/2008	Cambuci	X	X	Inundação Gradual
02/01/2009	Cambuci	X	X	Inundação Gradual
05/01/2009	Italva	X	X	Inundação Brusca
	Cardoso Moreira	X	X	

Registro da ocorrência	Áreas atingidas	Rural	Urbana	Tipo de Ocorrência
12/03/2009	Campos dos Goytacazes	X	X	Inundação Gradual
15/01/2011	Campos dos Goytacazes	X		Inundação Gradual
	Cardoso Moreira	X	X	
	São Fidelis	X	X	
14/03/2011	Campos dos Goytacazes	X	X	Inundação Gradual
02/01/2012	Campos dos Goytacazes	X		Inundação Gradual
	Cardoso Moreira	X	X	
	Italva	X	X	
	Itaperuna	X	X	
03/01/2012	Cambuci	X	X	Inundação Gradual
	Campos dos Goytacazes	X	X	
	São Fidelis	X	X	
03/12/2013	Cardoso Moreira	X		Inundação Brusca

Fonte: S2ID (2015)

Como pode ser notado, a área de estudo é frequentemente atingida por episódios de inundações que geram impactos econômicos e sociais. É possível identificar elementos na paisagem que identificam as inundações.

A Defesa Civil dos municípios de Campos dos Goytacazes, Cardoso Moreira e Italva notificaram ao Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID, 2015), a ocorrência de inundações bruscas no ano de 2009 e 2013, e inundações graduais nos anos de 2005, 2007, 2008, 2011 e 2012 com frequência anual e/ou bianual e com intensidades diferenciadas. (FIGURA 03 e 04).



FIGURA 03: Marca de Inundação em porta de casa abandonada na localidade de São Pedro do Paraíso (Fotografia: Talita Bracher Prates, janeiro de 2018)



FIGURA 04: Marca de Inundação em edificação construída em área suscetível em Cardoso Moreira (Fotografia: Talita Bracher Prates, janeiro de 2018)

5 Procedimentos Metodológicos

Segundo Cutter (2003), há três princípios na pesquisa de vulnerabilidade: a identificação das condições que tornam as pessoas ou lugares vulneráveis a eventos naturais extremos; a suposição de que a vulnerabilidade é uma condição social, uma medida de resistência social ou resiliência aos perigos; a integração de exposições potenciais e resiliência social em lugares ou regiões particulares.

Com base no exposto acima, a seguir será apresentada a metodologia de construção do indicador proposto neste trabalho.

5.1 O indicador de vulnerabilidade socioambiental (IVSA)

O índice de vulnerabilidade socioambiental (IVSA) foi desenhado para expressar a natureza multidimensional da vulnerabilidade social combinada com a suscetibilidade natural para a inundação.

Foram selecionadas, entre os dados disponíveis no universo do Censo 2010, variáveis que de maneira direta ou indireta relacionam-se com a vulnerabilidade. A escolha dessas variáveis foi pautada em trabalhos publicados sobre vulnerabilidade e desastres naturais, como os de Cutter (2003) e Alves (2006) e adaptadas para a sociedade brasileira.

Desse modo, o IVSA é constituído de três dimensões, sete componentes. As dimensões são: a) Suscetibilidade Ambiental; b) Resiliência; e c) Infraestrutura. A figura 5 mostra a estrutura básica do IVSA. Adiante, será apresentado o detalhamento de cada dimensão e suas variáveis.



FIGURA. 5 - Fluxograma do indicador de vulnerabilidade socioambiental

5.2 Suscetibilidade ambiental

Como já explicitado no decorrer deste trabalho, a ocorrência dos fenômenos de inundações é o resultado de vários fatores que interferem no escoamento e infiltração das águas de precipitação ao longo da bacia hidrográfica.

O mapeamento das áreas suscetíveis a inundação, no método proposto, apoiou-se nos fatores permanentes, ou seja, nas características geológicas, topográficas e morfológicas das bacias que tendem a favorecer o transbordamento do nível d'água por ocasião de chuvas intensas.

Buscou-se compreender a dinâmica hidrológico-geomorfológica de forma padronizada e prática, baseado na metodologia utilizada pelo Serviço geológico do Brasil (CPRM) na elaboração das cartas cartográficas de suscetibilidade à inundação, em atenção a diretrizes da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC) estabelecida pela Lei Federal 12.608/2012 (BITAR *et al*, 2014).

Dessa forma, a suscetibilidade ambiental foi obtida em três etapas: (1) Aplicação do Modelo *HAND*; (2) Sobreposição espacial das cartografias de suscetibilidade à malha digital dos setores censitários do Censo 2010 do IBGE, (3) Cálculo da média ponderada da porcentagem da área de cada classe de suscetibilidade (do modelo *HAND*) em cada setor censitário. Por fim, resultando em uma variável categórica com quatro classes: Suscetibilidade baixa, Suscetibilidade média, Suscetibilidade alta e Suscetibilidade crítica.

5.2.1 Aplicação do Modelo *HAND*

O Modelo *HAND* (*HeightAboveNearestDrainage* – Altura Acima da Drenagem mais próxima) mede a diferença altimétrica entre qualquer ponto da grade do Modelo Digital de Terreno - MDT e o ponto de escoamento na drenagem mais próxima. O resultado representa a normalização do MDT em relação à drenagem e indica a área onde uma cheia pode se desenvolver (PIRES e BORMA, 2013). São gerados mapas de proximidades topográficas ou desníveis relativos a cursos d'água. Estes desníveis relativos são boa indicação da susceptibilidade as inundações de cada ponto na paisagem nos períodos em que ocorre entrada de água em excesso.

Para atender aos objetivos propostos, este trabalho adotou a escala 1:25.000, e para tal, utilizou-se a Base Cartográfica Vetorial Contínua do Estado do Rio de Janeiro, na escala 1:25.000 (BC25_RJ), disponibilizada em 2017. De posse desta base de dados, selecionou-se os vetores “pontos cotados”, “curvas de nível”, “rede de drenagem” e o “limite

estadual” e construiu-se o Modelo Digital de Elevação (MDE) utilizando o algoritmo *Topo ToRaster* (modelo hidrológicamente correto) do software *ArcGIS* 10.5.1. O arquivo gerado foi processado a partir das ferramentas do módulo *ArcHydro* a fim de subsidiar a aplicação do Modelo *HAND*.

Buscando atingir uma maior precisão do MDT processou-se o arquivo *raster* utilizando o algoritmo *AGREE*, disponível na ferramenta *ArcHydro*. Os dados vetoriais da rede de drenagem foram sobrepostos ao MDE gerando um novo arquivo *raster*, no qual, os *pixels* que representam a rede de drenagem apresentam uma subtração nos seus valores de elevação, dando maior confiabilidade a geração das áreas suscetíveis, calculadas posteriormente.

O novo MDE foi exportado para o software *TerraHidro* onde foram calculados os parâmetros para análise hidrológica que são exigidos para o emprego do algoritmo *HAND*. Os parâmetros calculados foram: *Fill* (Preenchimento de Depressões); *FlowDirection* (Direção de Fluxo); *FlowAccumulation* (área acumulada); e *StreamDefinition* (Definição da Rede de Drenagem Raster).

De posse das imagens *rasters* de cada parâmetro, gerou-se o modelo *HAND*, que foi classificado com objetivo de representar por graduação de cores os intervalos que indicam o potencial de inundação de cada ponto nas proximidades dos canais fluviais. O *raster* do modelo *HAND* foi exportado em formato tif, para o software *Arc GIS* 10.5.1 onde foi reclassificada, pelo comando *Reclass* (reclassificação) da ferramenta *SpatialAnalyst Tools* (Análise Espacial), identificando as áreas de Alta, Média e Baixa suscetibilidade a inundações.

5.2.2 Inventário dos atributos naturais da área de estudo.

Para melhor compreensão da dinâmica das inundações na área de estudo e para subsidiar as análises da suscetibilidade geradas pelo modelo *HAND* optou-se por organizar banco de dados cartográficos que representasse os atributos naturais da área que se relacionam com os processos de inundação.

Foram selecionados os dados cartográficos relacionados à geologia, aos compartimentos geomorfológicos, a altimetria, a declividade, a cobertura pedológica e as médias de precipitação.

Para o baixo curso da bacia hidrográfica do rio Muriaé os dados de substrato foram obtidos do conjunto de cartas geológicas disponíveis em formato *raster* na escala 1:50.000 elaboradas pelo DRM-RJ entre as décadas de 1970 e 1980. Cada carta geológica foi

georreferenciada no software *Arc GIS 10.5*, a partir do qual foram organizados em tabelas: informações sobre os ciclos geotectônicos, litologia e estratigrafia, além de aspectos morfoestruturais como a ocorrência de dobramentos e falhamentos.

Os dados morfométricos foram obtidos do Modelos Digitais de Elevação (MDE) construído com a Base Cartográfica Vetorial Contínua do Estado do Rio de Janeiro, na escala 1:25.000 utilizada na elaboração do modelo HAND. De posse do MDE, elaborou-se com uso da ferramenta *3D Analyst* do *ArcGIS* para a elaboração do Mapa Hipsométrico (classes de altimetria) e do Mapa de Classes de Declividades.

Como a área apresenta uma variação altimétrica que vai de zero a mais de 1000 m, definiram-se doze classes para melhor representação dos desníveis altimétricos da área: $\leq 25\text{m}$; 25–50m; 50–100m; 100–200m; 200–300m; 300–400m; 400–500m; 500–600m; 600–700m; 700–800m; 800–900m e $\geq 900\text{m}$. Esse mapa foi elaborado a fim de identificar as áreas com maior desnível altimétrico e as áreas de topos e nascentes.

O mapa de classes de declividade foi gerado a partir do modelo digital de terreno com o uso do software *Arc GIS 10.5* na extensão *3D Analyst* na ferramenta *Superfície para Raster* no comando *Declividade*. Como na área de estudo apresenta-se uma área de planície intercalada às áreas de colinas, morrotes e morros e que faz limite com as escarpas serranas, foram adotadas sete classes na tentativa de representar a variação de declividade da área. As classes definidas foram: $\leq 2\%$; 2–5%; 5–10%; 10–15%; 15–20%; 20–30%; 30–45% e $\geq 45\%$. Este mapa é de fundamental importância para os estudos vinculados ao planejamento do uso e ocupação das terras, e também constitui um documento cartográfico que, somado a outros mapas temáticos, pode identificar áreas com suscetibilidade a inundação, pois as áreas com declividade inferior a 2% são naturalmente inundáveis. As outras classes de declive são fundamentais para compreender a dinâmica de escoamento.

Os mapas referentes aos compartimentos geomorfológicos, média anual de pluviosidade, para o baixo curso da bacia hidrográfica do rio Muriaé foram obtidos no portal do INEA (2010), disponibilizados em formato *shapefile*, integrantes da publicação "O Estado do Ambiente" referente ao estado do Rio de Janeiro, todos na escala 1:50.000.

O mapa referente às classes de solos para o Baixo Curso da bacia hidrográfica do rio Muriaé foi obtido do Projeto de Zoneamento Ecológico-econômico da bacia hidrográfica do rio Muriaé-RJ, na escala 1:50.000, produzido pela Embrapa Solos.

5.2.3 Sobreposição espacial das cartografias de suscetibilidade à malha digital dos setores censitários do Censo 2010 do IBGE

A carta de suscetibilidade a inundação obtida pela aplicação do modelo *HAND*, correspondente a etapa anteriormente descrita, foi sobreposta a cartografia da malha digital dos setores censitários do Censo 2010 do IBGE.

O setor censitário é a unidade territorial de controle cadastral da coleta dos dados do censo, constituída por áreas contíguas, respeitando-se os limites da divisão político-administrativa do quadro urbano e rural legal. A sobreposição dessas cartografias é importante para o cálculo do indicador proposto, uma vez que as informações das demais dimensões são calculadas tendo como referência os setores censitários delimitados no Censo Demográfico de 2010.

A divisão dos setores censitários obedece aos limites territoriais administrativos, sendo assim, os setores limítrofes da bacia do baixo curso do rio Muriaé foram assumidos em sua totalidade para a área de estudo.

Para efeito de compatibilização da cartografia obtida pela aplicação do modelo *HAND* e a malha digital dos setores censitários do IBGE foi necessário a atribuição de um valor ordinal para cada categoria de suscetibilidade resultante da aplicação do modelo, são elas: alta ($ClasSusct = 4$) média ($ClasSusct = 3$), baixa ($ClasSusct = 2$) e não suscetível ($ClasSusct = 1$).

O setor censitário é a unidade territorial de controle cadastral da coleta dos dados do censo, constituída por áreas contíguas e respeita os limites da divisão político-administrativa do quadro urbano e rural legal. A divisão dos setores censitários obedece aos limites territoriais administrativos, sendo assim, os setores limítrofes da bacia do baixo curso do rio Muriaé foram assumidos em sua totalidade para a área de estudo.

Dessa forma, a suscetibilidade ambiental foi obtida em três etapas: (1) Aplicação do Modelo *HAND*; (2) Sobreposição espacial das cartografias de suscetibilidade à malha digital dos setores censitários do Censo do IBGE, (3) Cálculo da suscetibilidade média ponderada pela porcentagem da área de cada classe de suscetibilidade (do modelo *HAND*) em cada setor censitário. Por fim, o indicador de suscetibilidade a inundação é uma variável categórica com quatro classes ($n=4$): Suscetibilidade baixa, Suscetibilidade média, Suscetibilidade alta e Suscetibilidade crítica (FIGURA 6).

$$Sctb = \frac{\sum_{i=1}^n ClasSusct_i * Perc_i}{\sum_{i=1}^n Perc_i}$$

Considerando que:

$ClasSusct_i$	Valor atribuído à <i>i-ésima</i> classe de suscetibilidade
$Perc_i$	Percentual da área do setor na <i>i-ésima</i> classe de suscetibilidade

FIGURA 6: Fórmula do cálculo do indicador de suscetibilidade

5.3 Vulnerabilidade Social

Para a construção do indicador de vulnerabilidade social foram coletados dados das variáveis do Censo 2010 que podem ser associadas ao nível de resiliência e o acesso a infraestruturas de saneamento e serviços urbanos de uma comunidade. Ambas dimensões estruturais do indicador.

Desta forma, compreende-se a natureza multidimensional da vulnerabilidade social. A renda ou o acesso ao esgotamento sanitário, por si só, não indicam necessariamente uma comunidade vulnerável, mas quando combinadas a outros componentes como: estrutura etária, educações e coleta de lixo, o indicador resultante apresenta melhor aproximação como grau de sensibilidade ao risco ou, em outras palavras, com o grau de vulnerabilidade social da comunidade em estudo.

É possível admitir que cada dimensão (Resiliência e Infraestrutura) também se comporta como indicador, uma vez que, podem ser calculadas e analisadas separadamente.

Os limites para cada uma das variáveis foram estabelecidos pelo comparativo entre a distribuição da frequência no Brasil e nos setores censitários, tendo por base os dados do Censo Demográfico de 2010. Importante ressaltar que a distribuição de frequência das variáveis para o Brasil é a referência para categorizar as variáveis em cada um dos setores. Ou seja, o pressuposto, nesse caso, é que estar em melhores ou piores condições que a média brasileira indica a categoria de vulnerabilidade social em que se encontra o setor censitário em análise. Dessa forma, não está sendo atribuído a representação de uma condição ideal de vulnerabilidade, mas sim, o fato de que o setor censitário se encontra em uma situação melhor, igual ou pior que a média brasileira.

A título de exemplo podemos considerar a variável de acesso a rede geral de abastecimento de água. Neste caso, 92% dos domicílios urbanos brasileiros tinham acesso a rede geral de água de acordo com Censo 2010. Ou seja, se um setor censitário urbano da área de estudo possuir 92% ou mais de domicílios com acesso a rede geral de água, a este setor específico será imputado o valor 1.

A escolha por estabelecer os limites das variáveis comparando com as médias do Brasil deve-se a intenção de que o indicador proposto possa ser utilizado em todo o território nacional.

Cada componente varia entre zero e um e é resultante da média de suas variáveis ponderadas por pesos atribuídos a cada uma dessas variáveis. Os pesos atribuídos a cada variável foram baseados nas bibliografias que estudam os elementos que influenciam a vulnerabilidade de uma comunidade e consideram a qualificação da importância de cada variável na componente. A seção 3.3 desta dissertação explicita como cada um desses componentes relaciona-se diretamente com a vulnerabilidade. Admitiu-se que quanto maior o valor do peso atribuído mais negativamente a variável influenciará no resultado do indicador (Figura 7).

$$Componente = \frac{\sum_{i=1}^n Peso_i * Variável_i}{\sum_{i=1}^n Peso_i}$$

FIGURA 7: Fórmula geral do cálculo do indicador de vulnerabilidade

O indicador de vulnerabilidade social é calculado pelo somatório simples de seus componentes e reflete diretamente os pesos atribuídos a cada uma das variáveis selecionadas para composição da dimensão.

Para o mapeamento da vulnerabilidade social utiliza-se a quebra natural da variável, ou método de otimização de *Jenks*, permitindo que o indicador se torne uma variável categórica de quatro classes: Baixa, Média, Alta e Crítica.

Optou-se pela utilização do método de otimização de *Jenks*, que também é conhecido por ‘quebras naturais’, porque o princípio dessa técnica de classificação é minimizar as diferenças entre os valores dispostos na mesma classe e maximizar as diferenças entre as classes e, dessa forma, formar classes homogêneas (RAMOS, *et al*, 2016).

5.3.1 Resiliência

A dimensão que expressa a resiliência possui três componentes, o quadro 9 apresenta uma síntese da dimensão de resiliência, no entanto, cada componente será detalhado separadamente.

QUADRO09: Componentes e variáveis da dimensão de resiliência

Componentes	Variáveis
Renda	Indigente – Proporção de domicílios com renda <i>per capita</i> de até $\frac{1}{8}$ do salário mínimo*
	Pobre – Proporção de domicílios com a renda <i>per capita</i> de $\frac{1}{8}$ a $\frac{1}{4}$ do salário mínimo* para áreas rurais; e de $\frac{1}{8}$ a $\frac{1}{2}$ salário mínimo* para áreas urbanas
	Não pobre – Proporção de domicílios com renda <i>per capita</i> acima de $\frac{1}{4}$ de salário mínimo* para áreas rurais e $\frac{1}{2}$ salário mínimo* para áreas urbanas
Estrutura etária	Criança – Proporção de pessoas de 0 a 14 anos
	Jovens - Proporção de pessoas entre 15 a 30 anos
	Adultos – Proporção de pessoas entre 31 a 60 anos
	Idoso – Proporção de pessoas acima de 61 anos
Alfabetização	Alfabetizados – Proporção de pessoas alfabetizadas com 5 anos ou mais
	Não alfabetizados – Proporção de pessoas não alfabetizadas

*Considera-se o valor do salário mínimo de 2010

O conceito de alfabetização utilizado neste trabalho foi o mesmo adotado pelo IBGE que considera como alfabetizada a pessoa capaz de ler e escrever um bilhete simples no idioma que conhece.

A dimensão resiliência é uma resultante da soma dos pesos de suas componentes que varia entre 0 e 1 sendo que quanto maior o valor obtido mais crítica se apresenta a resiliência, influenciando no aumento da vulnerabilidade social. Por meio da quebra natural, ou método de otimização de *Jenks*, o indicador torna-se uma variável categórica de quatro classes: Baixa, Média, Alta e Crítica.

5.3.1.1 Componente Renda

A renda é um elemento que influencia na vulnerabilidade de uma comunidade, pois está associada a capacidade de assimilação e recuperação dos impactos gerados por um desastre ambiental. Baseado nos estudos de Cutter (2003) assume-se o pressuposto que quanto menor a renda, mais vulnerável é a comunidade.

Importante ressaltar que esta componente foi tratada de maneira distinta para as áreas urbanas e rurais, tendo em vista que o custo de vida na área urbana é mais alto do que na área rural e que a renda da área rural é normalmente mais baixa do que na área urbana. Sendo assim, foram estabelecidas três variáveis para a componente renda, em cada setor censitário: indigentes, pobre e não pobre. Os limites de cada variável foram definidos com base nos estudos de Rocha (2006).

São definidos como pobres os indivíduos cuja renda familiar *per capita* é inferior ao valor que corresponderia ao necessário para atender a todas as necessidades básicas (alimentação, habitação, transporte, saúde, lazer, educação, etc.), enquanto se define como indigentes aqueles cuja renda familiar *per capita* é inferior ao valor necessário para atender tão-somente às necessidades básicas de alimentação (linha de indigência) (ROCHA, 2006:267).

O quadro 10 apresenta a estrutura desta componente e as médias brasileiras que foram utilizadas como referência para categorizar e atribuir peso para cada variável.

QUADRO 10: Variáveis da componente renda

Variáveis	Brasil	Médias brasileiras	Peso
Indigente – Proporção de domicílios com renda <i>per capita</i> de até $\frac{1}{8}$ do salário mínimo*	10%	$\geq 10\%$	3
Pobre – Proporção de domicílios com a renda <i>per capita</i> de $\frac{1}{8}$ a $\frac{1}{4}$ do salário mínimo* para áreas rurais; e de $\frac{1}{8}$ a $\frac{1}{2}$ salário mínimo* para áreas urbanas	30%	$\geq 30\%$	2
Não pobre – Proporção de domicílios com renda <i>per capita</i> acima de $\frac{1}{4}$ de salário mínimo* para áreas rurais e $\frac{1}{2}$ salário mínimo* para áreas urbanas	70%	$\leq 70\%$	1

*Considera-se o valor do salário mínimo de 2010

5.3.1.2 Componente Estrutura Etária

Extremos do espectro etário afetam o movimento para fora do perigo. Os pais perdem tempo e dinheiro cuidando das crianças quando as creches são afetadas; os idosos podem ter restrições de mobilidade, aumentando a carga de cuidado e a falta de resiliência (CUTTER, 2003). Sendo assim assume-se que quanto maior a quantidade de idosos e crianças mais vulnerável torna-se a comunidade.

O quadro 11 apresenta a estrutura desta componente e as médias brasileiras que foram utilizadas como referência para categorizar e atribuir peso para cada variável.

QUADRO 11: Variáveis da componente estrutura etária

Variáveis	Brasil	Médias brasileiras	Peso
Criança – Proporção de pessoas de 0 a 14 anos	24%	$\geq 24\%$	3
Jovens - Proporção de pessoas entre 15 a 30 anos	27%	$< 27\%$	1
Adultos – Proporção de pessoas entre 31 a 60 anos	42%	$< 42\%$	0,5
Idoso – Proporção de pessoas acima de 61 anos	7%	$\geq 7\%$	4

5.3.1.3 Componente Alfabetização

A educação está ligada ao status socioeconômico, comunidades que apresentam maiores níveis educacionais acabam por obter maiores ganhos ao longo da vida. Abaixa escolaridade restringe a capacidade de compreender informações de aviso e o acesso a informações que possibilitam uma recuperação mais rápida aos impactos (CUTTER, 2003).

O quadro 12 apresenta a estrutura deste componente e as médias brasileiras que foram utilizadas como referência para categorizar e atribuir peso para cada variável.

QUADRO 12: Variáveis da componente alfabetização

Variáveis	Brasil	Médias brasileiras	Peso
Alfabetizados – Proporção de pessoas alfabetizadas	90%	$\geq 90\%$	0
Não alfabetizados – Proporção de pessoas não alfabetizadas	10%	$< 90\%$	1

5.3.2 Infraestrutura

A dimensão que expressa a infraestrutura possui três componentes, o quadro 13 apresenta uma síntese da dimensão, no entanto, cada componente será detalhada separadamente.

QUADRO 13: Componentes e variáveis da dimensão de infraestrutura

Componentes	Variáveis
Abastecimento de água	Rede Geral – Proporção de domicílios com abastecimento de água por rede geral
	Poço ou Nascente – Proporção de domicílios com abastecimento de água por poço ou nascente
	Outros – Proporção de domicílios com abastecimento de água por outros métodos
Esgotamento sanitário	Proporção de domicílios com Rede Geral ou Fossa Séptica
Coleta de lixo	Proporção de domicílios com Coleta regular

Os componentes desta dimensão representam as condições de saneamento. Quando essas condições se apresentam inadequadas há um aumento na probabilidade de propagação de doenças transmissíveis pela água podendo causar maiores impactos a saúde humana após as inundações. Sendo assim, assume-se que quanto menor for o acesso às infraestruturas urbanas mais vulnerável torna-se a comunidade.

A dimensão infraestrutura é uma resultante da soma dos pesos de suas componentes que varia entre 0 e 1 sendo que quanto maior o valor obtido mais crítica se apresenta a infraestrutura, influenciando no aumento da vulnerabilidade social. Por meio da quebra natural, ou método de otimização de *Jenks*, o indicador torna-se uma variável categórica de quatro classes: Baixa, Média, Alta e Crítica.

5.3.2.1 Abastecimento de água

O abastecimento de água foi tratado de forma diferenciada para as áreas rurais e urbanas visto a dificuldade de obtenção de água por meio de rede geral nas áreas rurais, o que não quer dizer que a população apresente total carência ao acesso a água potável.

O quadro 14 apresenta a estrutura desta componente e as médias brasileiras que foram utilizadas como referência para categorizar e atribuir peso para cada variável.

QUADRO 14: Variáveis do componente abastecimento de água

Variável	Brasil		Médias brasileiras		Peso
	Rural	Urbano	Rural	Urbano	
Rede Geral – Proporção de domicílios com abastecimento de água por rede geral	28%	92%	<28%	<92%	1
Poço ou Nascente – Proporção de domicílios com abastecimento de água por poço ou nascente	58%	7%	<58%	>7%	2
Outros – Proporção de domicílios com abastecimento de água por outros métodos	17%	1%	>17%	>1%	3

5.3.2.2 Esgotamento Sanitário

O esgotamento sanitário foi tratado de forma diferenciada para as áreas rurais e urbanas. O quadro 15 apresenta a estrutura desta componente e as médias brasileiras que foram utilizadas como referência para categorizar e atribuir peso para cada variável.

QUADRO 15: Variáveis do componente esgotamento sanitário

Variável	Brasil		Médias brasileiras		Peso
	Rural	Urbano	Rural	Urbano	
Proporção de domicílios com Rede Geral ou Fossa Séptica	17%	75%	<17%	<75%	1

5.3.2.3 Coleta de Lixo

O quadro 16 apresenta a estrutura desta componente e as médias brasileiras que foram utilizadas como referência para categorizar e atribuir peso para cada variável.

QUADRO 16: Variáveis da componente coleta de lixo

Variável	Brasil		Médias brasileiras		Peso
	Rural	Urbano	Rural	Urbano	
Proporção de domicílios com coleta regular	27%	97%	<27%	<97%	1

5.4 Vulnerabilidade socioambiental

A expressão geográfica da vulnerabilidade socioambiental para a inundação considera todas as dimensões do indicador proposto. A soma dos pesos atribuídos a cada dimensão, resulta em uma variável quantitativa contínua e, por meio da quebra natural de seus valores obtém-se quatro categorias de vulnerabilidade.

O cruzamento entre a suscetibilidade a inundação e a vulnerabilidade social permite identificar os principais fatores que determinam a vulnerabilidade socioambiental e resultam no mapeamento das áreas prioritárias para a implantação de programas de gerenciamento de risco e a implantação de ações preventivas para minimização de impactos negativos das inundações.

6 Resultados

O baixo curso do rio Muriaé abrange seis municípios: Campos dos Goytacazes, Cardoso Moreira, São Fidelis, Cambuci, Italva e Itaperuna. Importante ressaltar que os municípios de Cardoso Moreira (524,631Km²) e Italva (296Km²) possuem todo seu território dentro da área de estudo, enquanto Campos dos Goytacazes apresenta cerca de 11% do seu território no baixo curso do rio Muriaé e Itaperuna apenas aproximadamente 2% representando a área rural destes municípios.

Como delimitado pela metodologia deste trabalho a unidade de análise utilizada para o cálculo do indicador é o setor censitário, sendo assim o quadro 17 apresenta o número de setores censitários por município pertencente a área de estudo.

QUADRO 17: Quantidade de setores censitários por município

		Cambuci	Campos Dos Goytacazes	Cardoso Moreira	Italva	Itaperuna	São Fidelis	Total
RURAL	Setores Censitários	9	24	13	12	12	7	77
	Área (Km²)	440,65	718,64	503,33	286,24	295,68	253,27	2497,83
	Domicílios Particulares Permanentes	918	4108	1261	1301	830	577	8995,0
	População Residente	2695	13290	3845	3821	2383	1556	27590
	Densidade Demográfica (hab/Km²)	6	18	8	13	8	6	11
	Densidade De Domicílios (Dom/Km²)	2	6	3	5	3	2	4
URBANO	Setores Censitários	6	4	15	17	4	2	48
	Área (Km²)	3,67	9,80	21,75	7,89	1,29	0,80	45,21
	Domicílios Particulares Permanentes	1267	1035	3054	3583	928	63	9930
	População Residente	3667	3550	8770	10254	2656	178	29075
	Densidade Demográfica (hab/Km²)	1000	362	403	1300	2055	221	643
	Densidade De Domicílios (Dom/Km²)	346	106	140	454	718	78	220

A área de estudo possui um total de 125 setores censitários representando uma área total de 2.589km². A zona rural possui 2.544Km² correspondendo a 98% do território em estudo, já as áreas urbanas somam 45,21km². De acordo com o censo de 2010, na área de estudo, residem 57.109 pessoas, 28.246 nas áreas rurais e 28.863 nas áreas urbanas demonstrando uma alta densidade populacional nas áreas urbanas. É importante ressaltar que o adensamento de áreas urbanas, na maioria das vezes, é caracterizado por uma ocupação desordenada do solo, pelo surgimento de edificações mal planejadas e pela falta de infraestruturas de saneamento adequadas. Todos estes fatores influenciam na magnitude das inundações e agravam os prejuízos sofridos pelas comunidades afetadas (FIGURAS 8e9).



FIGURA 8: Esgoto a céu aberto. Município de Italva. Fonte: fotografia Talita Bracher Prates, 01/2018.



FIGURA 9: Ocupação da planície de inundação. Município de Cardoso Moreira. Fonte: fotografia Talita Bracher Prates, 01/2018.

Nos próximos tópicos serão apresentados os resultados obtidos por meio dos cálculos de cada dimensão do indicador proposto.

6.1 Suscetibilidade Ambiental

6.1.1 Aplicação do modelo HAND

Como resultado da aplicação do modelo *HAND* obteve-se o mapa de suscetibilidade a inundação do baixo curso da bacia hidrográfica do rio Muriaé (FIGURA 10). A área total suscetível à inundação corresponde a 466 km², 35% da área de estudo.

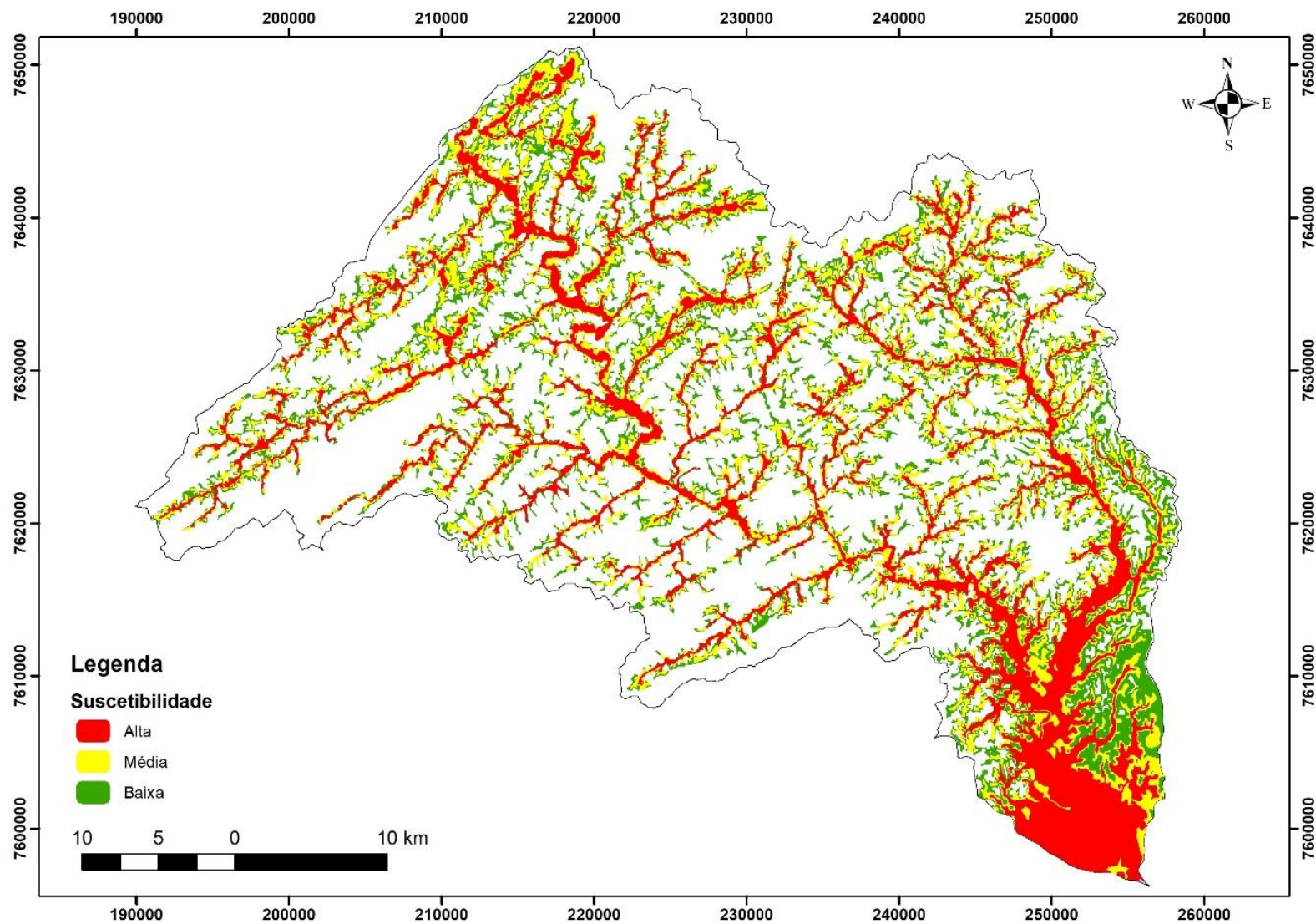


FIGURA 10: Aplicação do Modelo *HAND*

O modelo *HAND* hierarquiza as áreas suscetíveis em alta, média e baixa. As áreas com alta suscetibilidade a inundações correspondem a uma área de 287,55 km², 62% das áreas inundáveis. A suscetibilidade média abarca a área de 92 km², chegando a 19% das áreas inundáveis e as áreas com baixa suscetibilidade correspondem a 18% das áreas suscetíveis com área de 87,34 km².

6.1.2 Atributos Naturais da Área de Estudo

A suscetibilidade às inundações é resultante da interação entre os diferentes componentes físico-naturais que interferem ou determinam a dinâmica das inundações. Por exemplo: os diferentes tipos de rochas (litolitos) que são responsáveis pela permeabilidade da água, as formas de relevo, que são responsáveis por direcionar os fluxos de mobilidade da água, os solos que influenciam na produção de sedimentos e na infiltração de água, a cobertura vegetal natural que protege os corpos hídricos e, a pluviosidade que determina o volume de água que entra nos corpos hídricos. A seguir apresenta-se o inventário cartográfico da área de estudo.

A Figura 11 apresenta o mapa Hipsométrico que, se analisado em conjunto com o mapa de compartimentos geomorfológicos (FIGURA 12) nota-se que as colinas e morrotes apresentam amplitude altimétrica que variam de 20 a no máximo 100m. Os morros variam a altitude de 100 a 500m. e na região sudoeste da área de estudo nota-se uma grande área de planície fluvial com amplitude altimétrica de menos de 25m que coincide com a área classificada com alta suscetibilidade pelo modelo *HAND*.

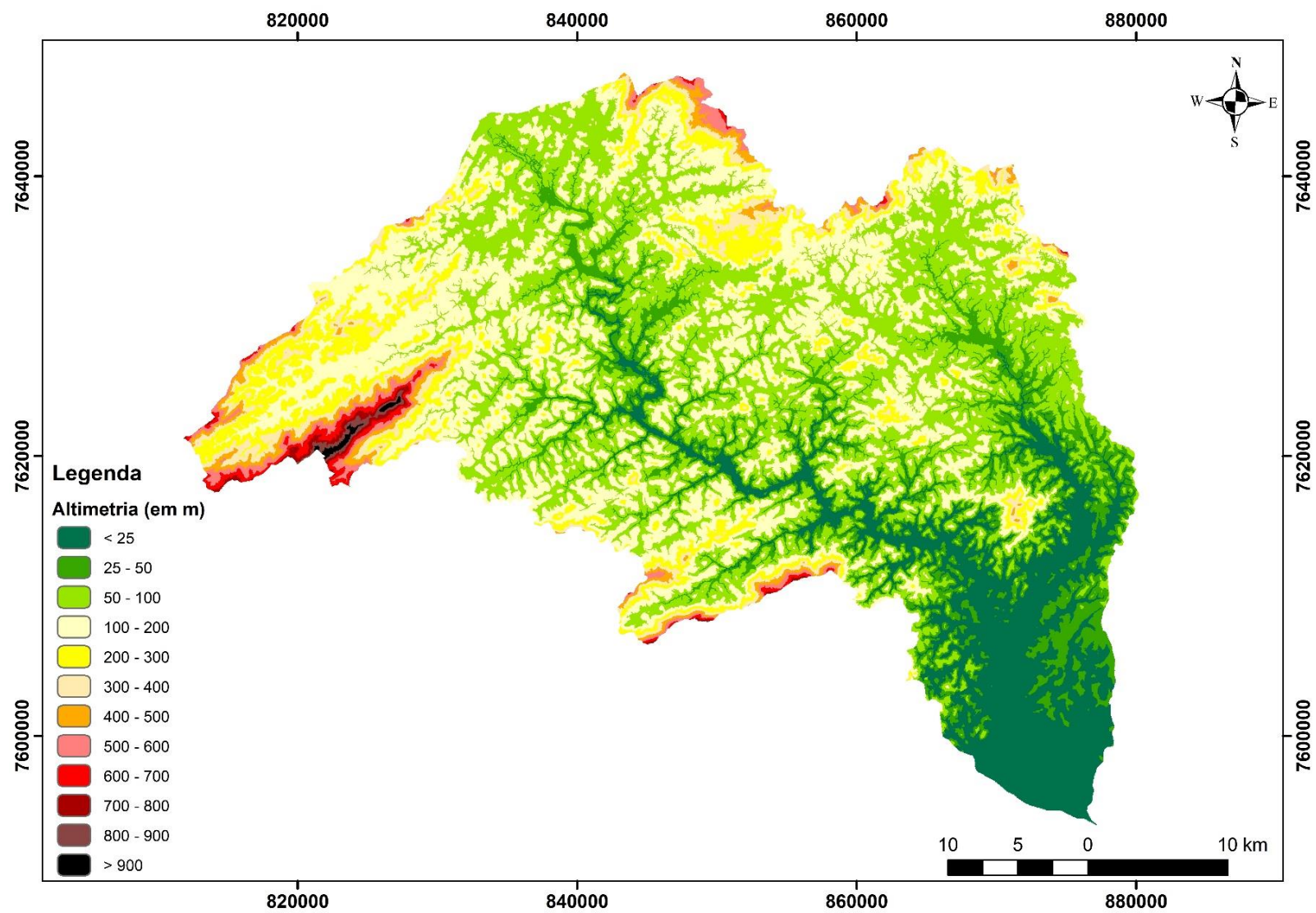


FIGURA 11– Mapa Hipsométrico do baixo curso da bacia hidrográfica do rio Muriaé-RJ

Fonte: IBGE

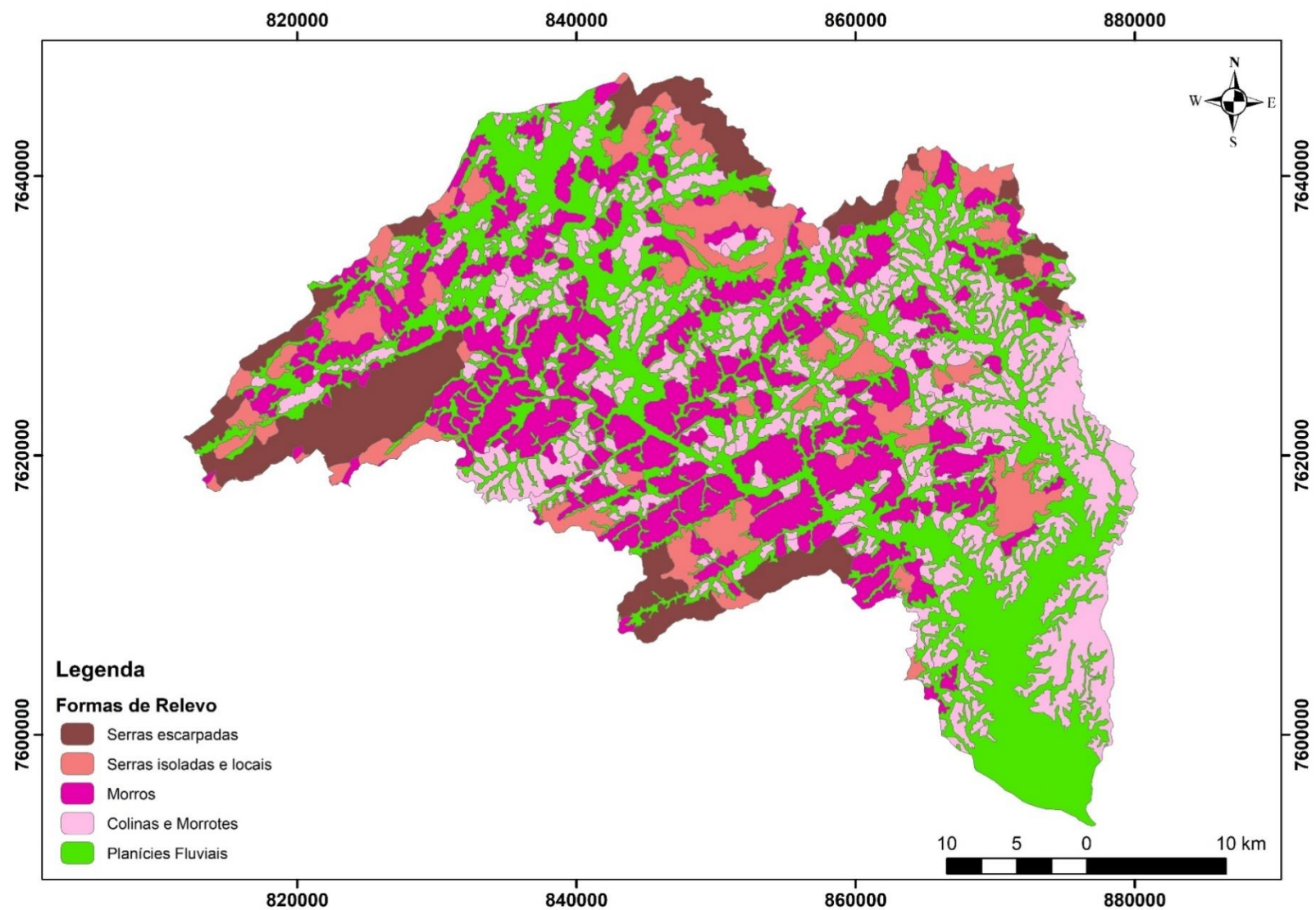


FIGURA 12 – Mapa de Compartimentos Geomorfológicos do baixo curso da bacia hidrográfica do rio Muriaé-RJ
Fonte: INEA-RJ

A diferenciação na litologia resulta em diferentes associações de solos, que implicam na dinâmica do sistema de drenagem da área. Predominam nas áreas de morrotes e colinas os processos de translocação de argila o que leva a podzolização da área e formação de diferentes Argissolos que dificultam a impermeabilização da água.

Já nos morros, distinguem-se dois tipos de cobertura pedológica: o primeiro associado aos processos de podzolização com a associação de Argissolos Vermelhos, Argissolos Vermelho-Amarelo e o segundo são Planossolos Hidromórficos que estão associados às áreas de baixadas adjacentes aos morros, e são resultantes dos processos de acumulação que formam argilas expansivas do tipo 2:1. Este tipo de argila se expande em contato com a água dificultando a infiltração e contribuindo com o escoamento do fluxo de água para os canais o que por fim potencializa as inundações (Figura 13).

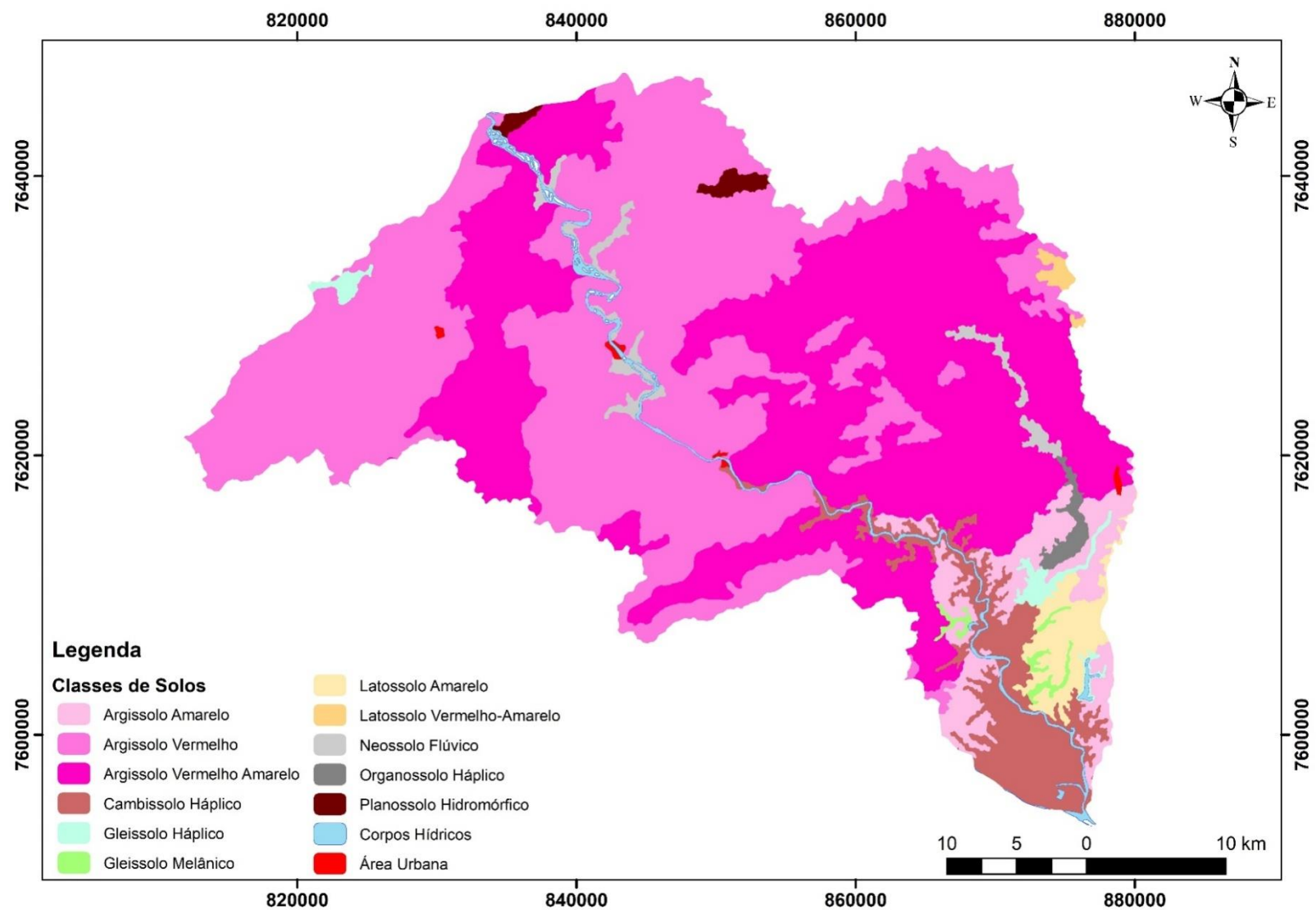


FIGURA 13– Mapa Pedológico do baixo curso da bacia hidrográfica do rio Muriaé-RJ

Fonte: EMBRAPA SOLOS

Uma característica importante das áreas de planície é a sua inclinação. As planícies podem ser consideradas áreas de acumulação e uma característica importante que pode modificar ou influenciar as inundações é a declividade. A Figura 14 traz o mapa de declividade da área de estudo e nele pode-se notar a predominância de inclinações inferiores a 2% na região sudoeste do baixo rio Muriaé.

Nessa plataforma, ocorrem depósitos relictos e modernos que repousam discordantemente sobre as unidades estratigráficas terciárias da bacia de Campos. Segundo o mapeamento geológico realizado pelo DRM-RJ, destacam-se duas litologias associadas a tal domínio morfoestrutural:

- Qp – argilas e siltesmicáceos, de coloração cinza-acastanhada, associadas a planícies de inundação, conglomerados e areias quartzosas, podendo conter feldspato, geralmente mal selecionadas, de coloração branco-amarelada ou acinzentada, com estratificações cruzadas de canais fluviais.
- QI – argilas associadas a depósitos orgânicos de cor cinza a cinza-negra e a depósitos de turfa em lagos, pântanos e brejos.

Para a CPRM (2000, p. 72) a constituição das formas de agradação continental:

(...)estão geneticamente relacionados a episódios distintos de progradação fluvial sobre um ambiente transicional/marinho raso, possivelmente em função de variações climáticas e/ou glácio-eustáticas. Estas feições encontram-se bem representadas na região de Campos, onde infere-se que esta área representava um ambiente do tipo laguna-barreira no auge da transgressão marinha holocênica (5,1ka). Remanescentes desta paleolaguna encontram-se hoje representados pelo conjunto de lagoas existentes ao longo da planície, onde se destaca a Lagoa Feia. No auge da transgressão holocênica, o rio Paraíba do Sul desaguava na margem oeste da laguna e, com a fase regressiva marinha que se seguiu, o rio iniciou sua progradação através de um delta intralagunar.

Litologicamente, estes depósitos encontram-se registrados na área através de uma extensa sedimentação superficial areno-lamosa, sobrejacente a camadas de areias biodetríticas e sedimentos lamosos de fundo lagunar. Em algumas áreas tem-se a presença de turfas.

os modelados identificados como feições de agradação continental identificaram-se 02 padrões de forma predominantes: Planície Fluvial, Planície de inundação e Terraços Fluviais.

As Planícies Fluviais relacionam-se aos depósitos aluviais e sua gênese tem relação com materiais estão sujeitos aos processos de hidromorfismo, e formam Gleissolos e Neossolos Flúvicos. Tais solos, eram cobertos originalmente pela mata ripária. Ao longo do tempo, a proteção natural das margens dos rios foi sendo substituídas por pastagens e cultivos.

As Planícies de Inundação e Terraços Aluviais são encontradas nos fundos de vale. Essas formações coincidem com as áreas com declividade inferior a 2% e vales encaixados sujeitos às inundações periódicas. A principal característica dessas formas de acumulação é a presença de terrenos mal drenados, associados a acúmulo de materiais argilo-arenosos fluviais e alúvio-coluviais.

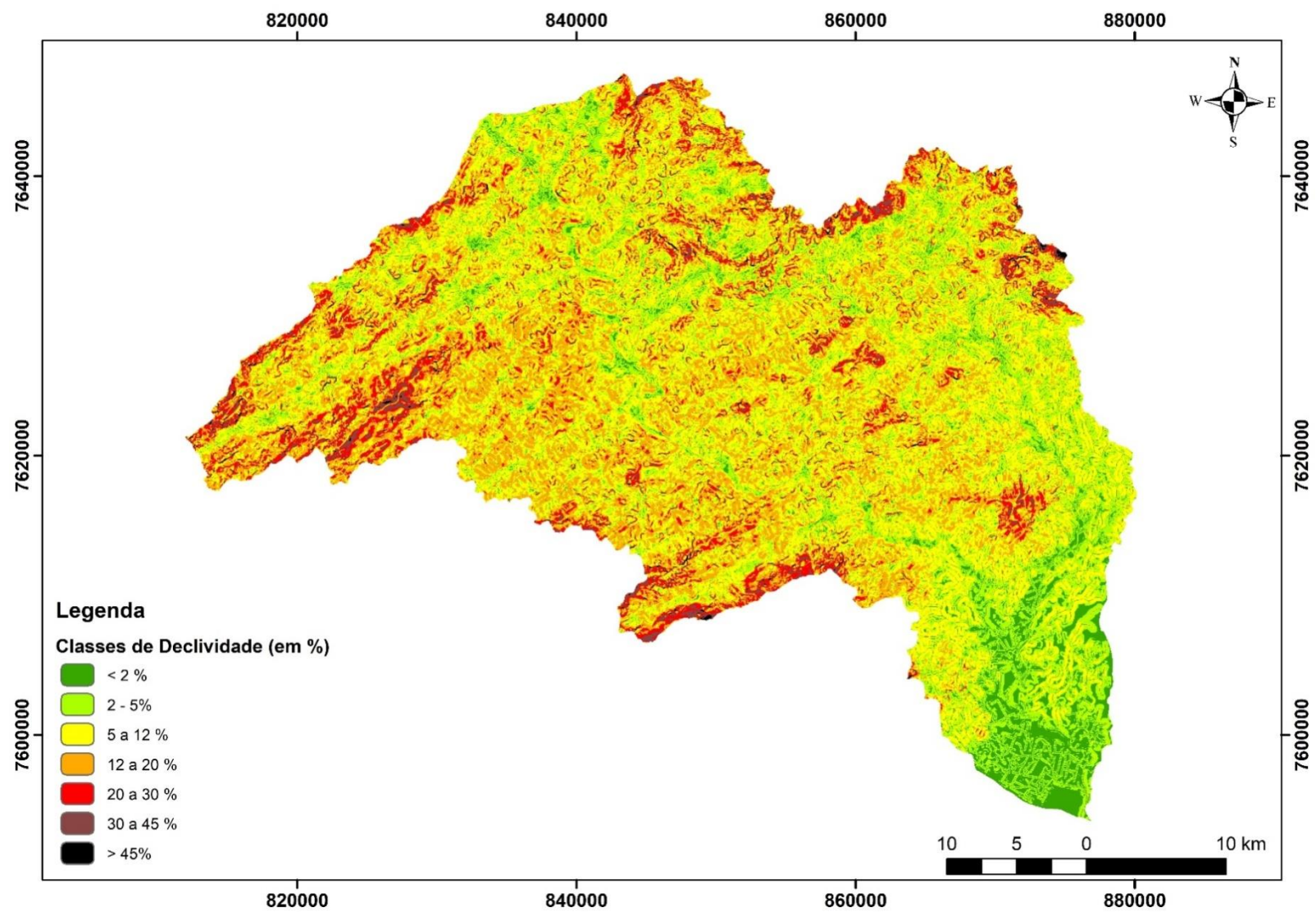


FIGURA 14– Mapa de classes de declividade do baixo curso da bacia hidrográfica do rio Muriaé-RJ
Fonte: IBGE

Outro fator que vai caracterizar a suscetibilidade da área é o regime de precipitação. As médias de chuvas da área em estudo variam de 1.000 a 1.400 mm anuais, conforme a Figura 15. Não se pode apenas analisar o regime de precipitação no que se refere às médias anuais. Para os episódios de inundações, é fundamental compreender a distribuição temporal dos volumes de chuvas. Ao observar os gráficos com média de precipitação mensal localizados nos municípios de Campos dos Goytacazes, Cardoso Moreira e Itaperuna (Figuras 16, 17, 18, 19, 20, 21 e 22), observa-se o mesmo comportamento: o período com maior volume de chuvas ocorre entre os meses de novembro e março (que coincide com o Plano Preventivo de Defesa Civil) e o período com menor volume de chuvas, concentrado entre maio e agosto.

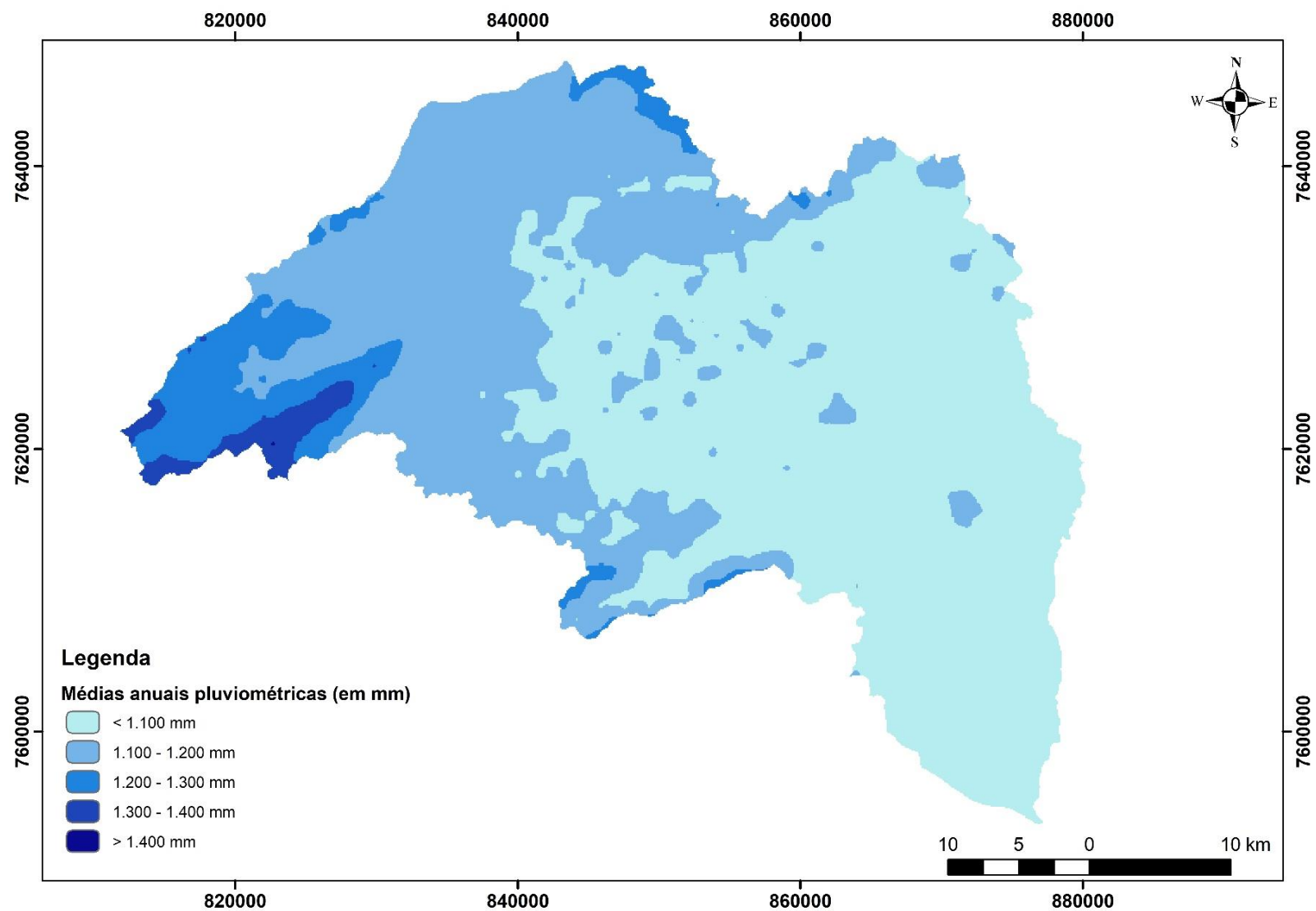
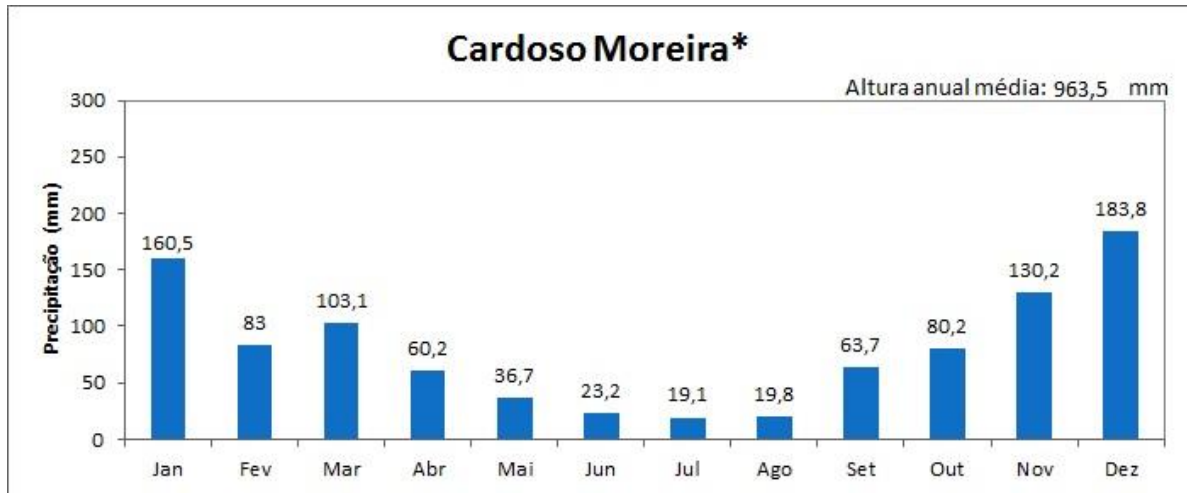
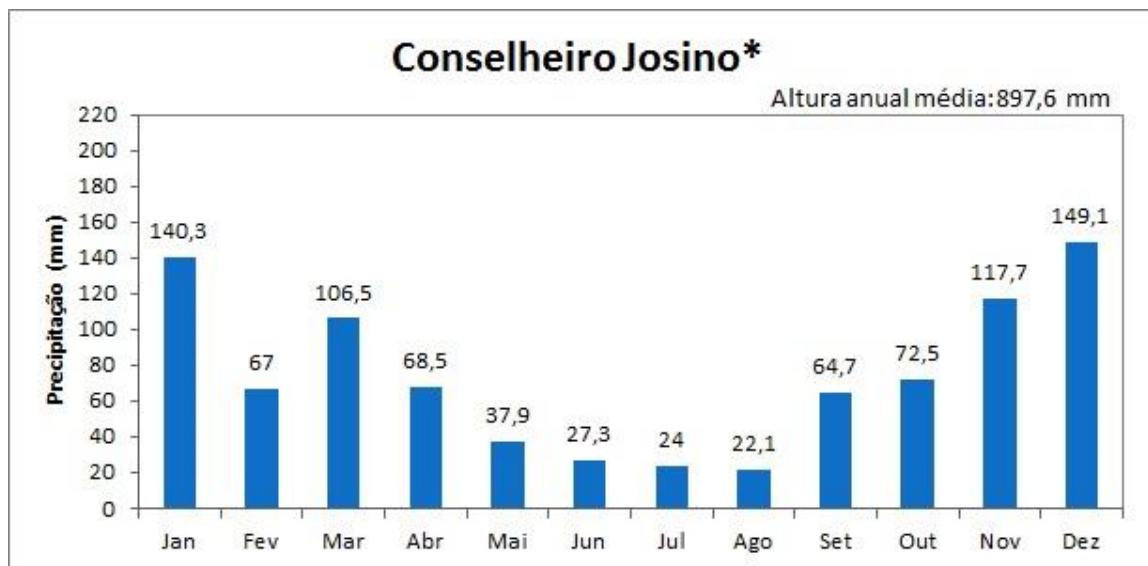


FIGURA 15: Mapa de médias de pluviosidade do baixo curso da bacia hidrográfica do rio Muriaé-RJ – 1970 a 2010

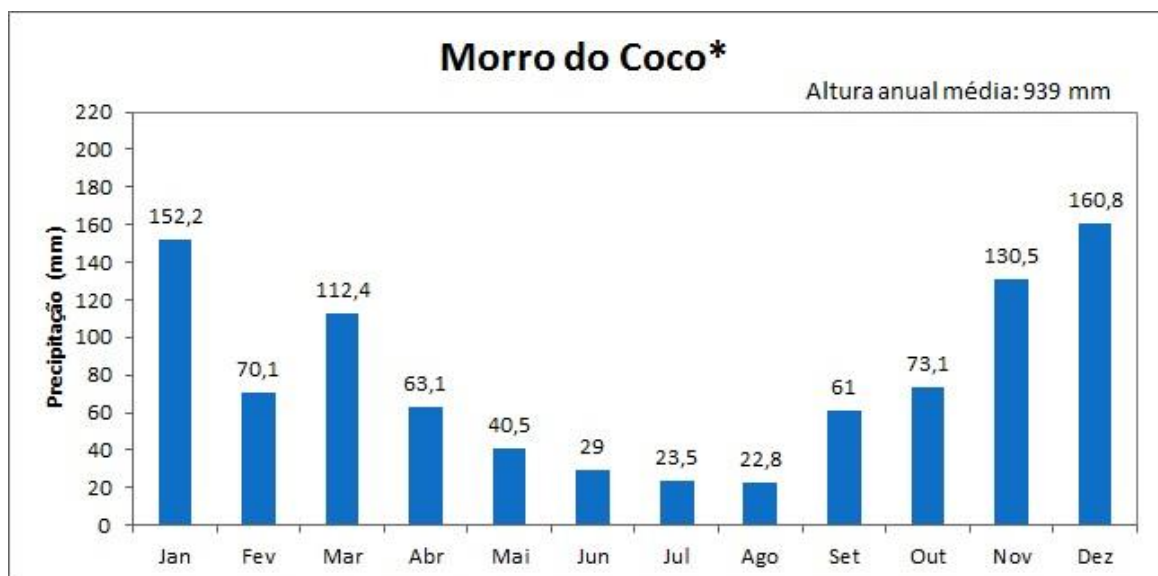
Fonte: INEA-RJ



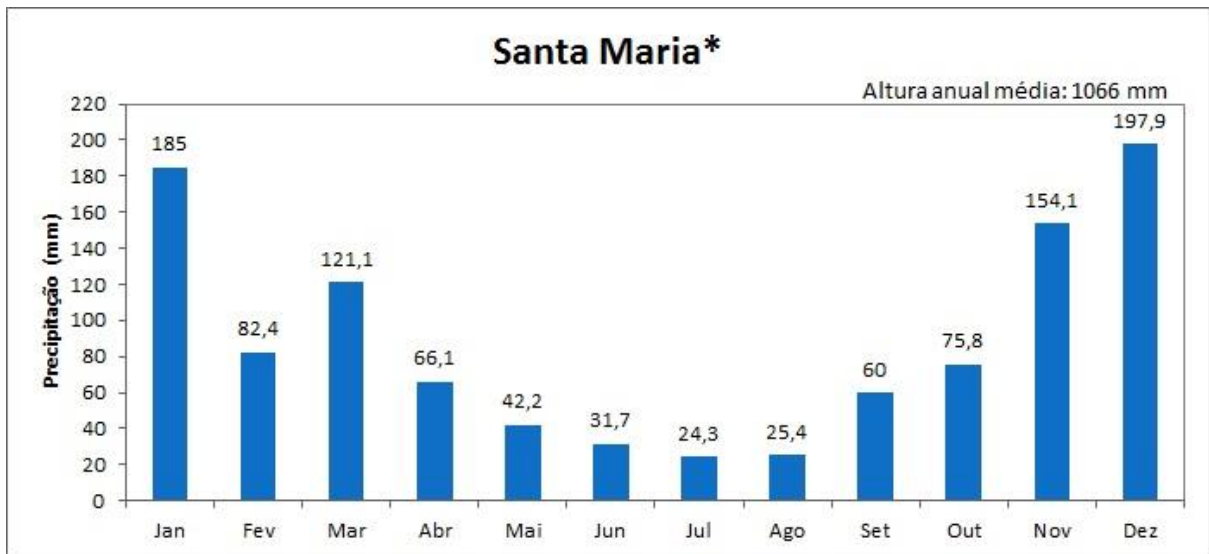
FIGURAS 16: Médias de chuvas mensais da Estação Pluviométrica Cardoso Moreira (1971-2010)
Fonte: CPRM (2015)



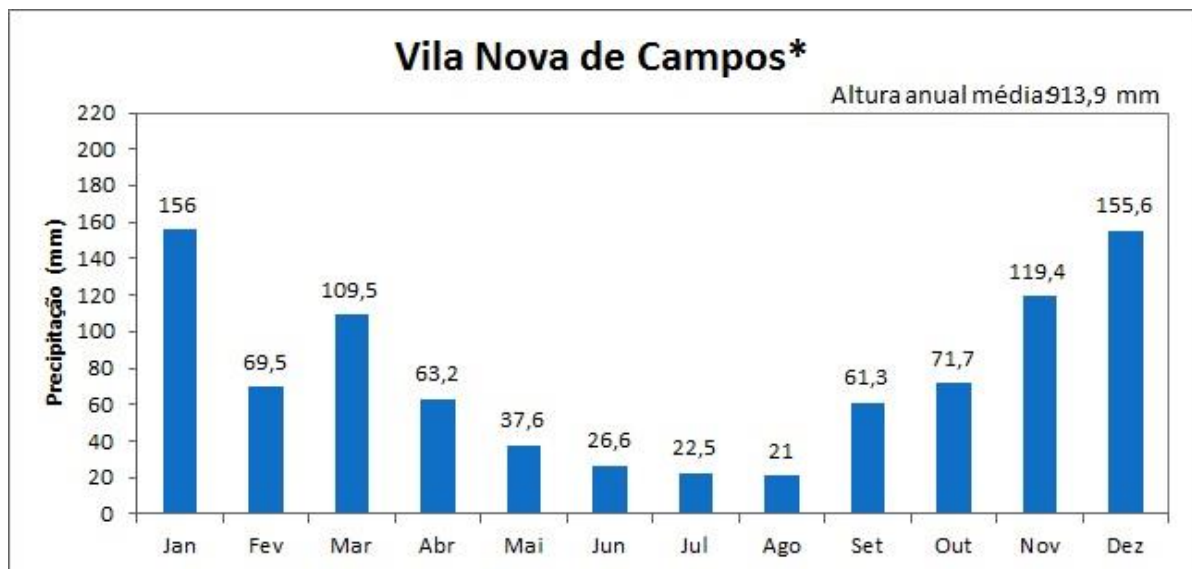
FIGURAS 17: Médias de chuvas mensais da Estação Pluviométrica Conselheiro Josino (1971-2010)
Fonte: CPRM (2015)



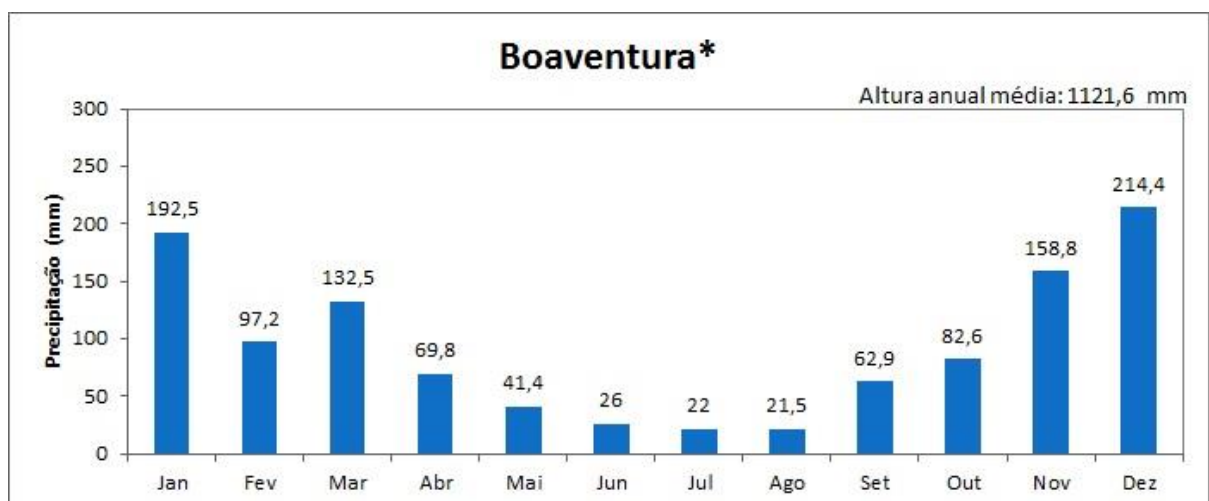
FIGURAS 18: Médias de chuvas mensais da Estação Pluviométrica Morro do Coco (1971-2010)
Fonte: CPRM (2015)



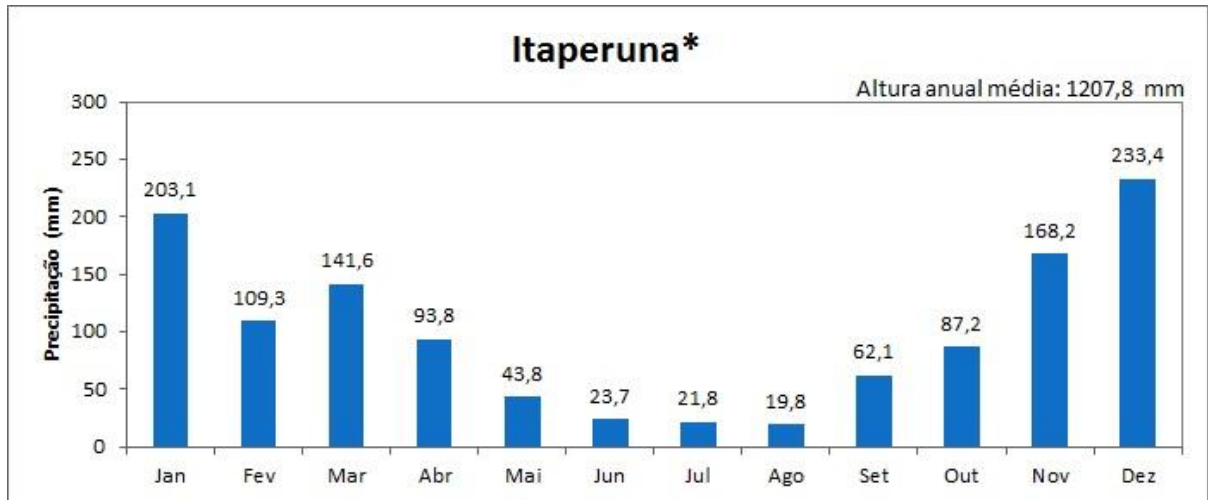
FIGURAS 19 – Médias de chuvas mensais da Estação Pluviométrica Santa Maria (1971-2010)
Fonte: CPRM (2015)



FIGURAS 20 – Médias de chuvas mensais da Estação Pluviométrica Vila Nova de Campos (1971-2010)
Fonte: CPRM (2015)



FIGURAS 21 – Médias de chuvas mensais da Estação Pluviométrica Boaventura (1971-2010)
Fonte: CPRM (2015)



FIGURAS 22 – Médias de chuvas mensais da Estação Pluviométrica Itaperuna (1971-2010)
Fonte: CPRM (2015)

Para toda a área em estudo, as maiores médias de chuvas mensais ocorrem entre os meses de novembro a março, coincidindo com as principais ocorrências de inundações da área em estudo entre os anos de 2005 e 2010, conforme o Quadro 18

As precipitações nas áreas de médio e alto curso da bacia hidrográfica do rio Muriaé apresentam médias mais elevadas que as situadas na área em estudo. As médias anuais são superiores a 1.300 mm, apresentando o mesmo comportamento da distribuição da área em estudo, ou seja, maior concentração de pluviosidade ocorre entre os meses de novembro a março. Observando o Quadro 18, verifica-se que a contribuição das chuvas nas áreas a montante da bacia hidrográfica contribui para a amplificação do transbordamento dos canais

QUADRO 18:Síntese das ocorrências de inundações registradas no Sistema Integrado de Informações sobre Desastres no baixo curso do rio Muriaé entre 2005 e 2013.

Registro da ocorrência	Áreas atingidas	Tipos de ocorrência	Precipitação acumulada (mm) in loco (05 dias)	Precipitação acumulada (mm) amontante (05 dias)
05/03/2005	Cardoso Moreira (área rural e urbana)	Inundação gradual ou Enchente	85,5	177,9
04/04/2007	Cardoso Moreira (área rural e urbana) Italva (área rural e urbana)	Inundação gradual ou Enchente	165,2	94,8
17/12/2008	Cardoso Moreira (área rural e urbana) Italva (área rural e urbana) Itaperuna (área rural e urbana)	Inundação gradual ou Enchente	180,5	220,7
05/01/2009	Italva (área rural e urbana) Itaperuna (área rural e urbana)	Inundação brusca ou Enxurrada	185,9	99,3
15/01/2011	Campos dos Goytacazes (área rural) Cardoso Moreira (área rural e urbana)	Inundação gradual ou Enchente	143,2	126,4
02/01/2012	Campos dos Goytacazes (área rural) Cardoso Moreira (área rural e urbana) Italva (área rural e urbana) Itaperuna (área rural e urbana) São José de Ubá (área rural e urbana)	Inundação gradual ou Enchente	128,7	267,7
03/12/2013	Cardoso Moreira (área rural)	Inundação brusca ou Enxurrada	63,8	95,4

Fonte/Source: S2ID(2015) e ANA(2015)

6.1.3 Indicador de Suscetibilidade a Inundação

A figura 23 apresenta a cartografia do indicador de suscetibilidade que foi obtido através da sobreposição do modelo *HAND* a malha dos setores censitários do IBGE.

Da totalidade de setores censitários analisados, 40 (32%) foram classificados com baixa suscetibilidade a inundação, 54 (43%) com média suscetibilidade, 13 (10%) com alta e 19 (15%) com suscetibilidade crítica. Dos 19 setores classificados como críticos, 5 estão na área rural e 14 na área urbana, nos setores críticos há 3934 domicílios e 11795 habitantes. Nos 13 setores classificados com alta suscetibilidade há 2313 domicílios e 6976 habitantes, 4 setores pertencem a área rural e 9 estão na área urbana.

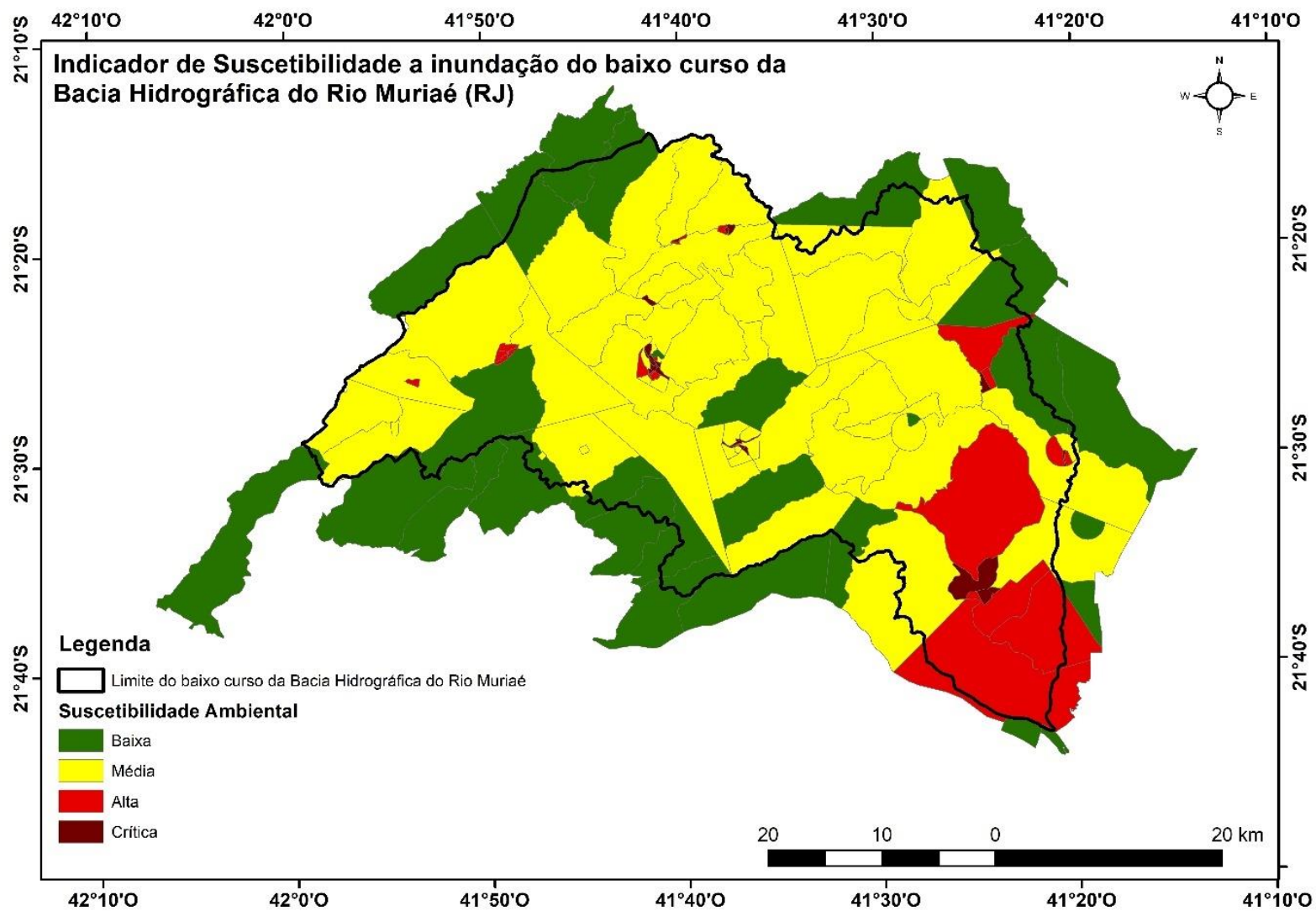


FIGURA 23: Indicador de Suscetibilidade

Os Sistemas Antrópicos Urbanos representam a menor área da bacia hidrográfica do baixo curso do rio Muriaé, mas, é relevante destacar que os setores críticos estão localizados, principalmente, nas áreas urbanas de Cardoso Moreira e Italva cada um com 6 setores representando 21% do total de setores de cada município. A soma dos domicílios dos setores urbanos classificados como críticos de Cardoso Moreira é de 1217, representando 31% do total de domicílios instalados em setores críticos da área total de estudo e, 3477 habitantes o que representa 29% dos da população residente em setores críticos de toda bacia do baixo curso do rio Muriaé. Campos dos Goytacazes apresenta 1 setor censitário classificado como crítico que corresponde a localidade de Três Vendas que possui 100% da sua área inundável. Esta localidade possui 572 domicílios e 1916 habitantes (FIGURA 24, 25).



FIGURA 24: Região de Três Vendas. Evento de inundação em 2012; Fonte: O GLOBO



FIGURA 25: Cardoso Moreira. Evento de inundação em 2012; Fonte: O G1

O Quadro 19 detalha a quantidade de setores censitários por município e classe de suscetibilidade.

QUADRO 19: Quantidade de setores censitários por classe de suscetibilidade e por município

Classes de Suscetibilidade	Baixo		Médio		Alto		Crítico	
	Rural	Urbano	Rural	Urbano	Rural	Urbano	Rural	Urbano
Tipo de Setor								
Municípios								
Cambuci	5	0	4	3	0	3	0	0
Campos dos Goytacazes	8	2	12	0	2	1	2	1
Cardoso Moreira	6	1	6	8	0	0	1	6
Italva	2	2	9	6	0	3	1	6
Itaperuna	4	1	5	0	2	2	1	1
São Fidelis	7	1	0	1	0	0	0	0

Para se obter a dimensão dos possíveis impactos causados por eventos de inundação é importante conhecer a configuração do uso e ocupação da terra da área de estudo. No baixo curso do rio Muriaé podem ser observados quatro sistemas antrópicos de distribuição irregular: Sistemas Florestais, Sistemas Pastoris, Sistemas Agrícolas e Sistemas Urbanos (FIGURA 26).

O sistema predominante na área de estudo é o Sistema Pastoril, que corresponde a 47,71% da bacia hidrográfica do rio Muriaé, seguido dos Sistemas Florestais com 40%. Os Sistemas Agrícolas correspondem a 10,41% e os Sistemas Urbanos que, apesar de representar menos de 1% do território da bacia hidrográfica do Baixo Curso do rio Muriaé, apresenta o maior grau de ocupação. Importante ressaltar que 11,35% das áreas de pastagens estão em áreas inundáveis (FIGURA 27) (AMORIM *et al*, 2017).

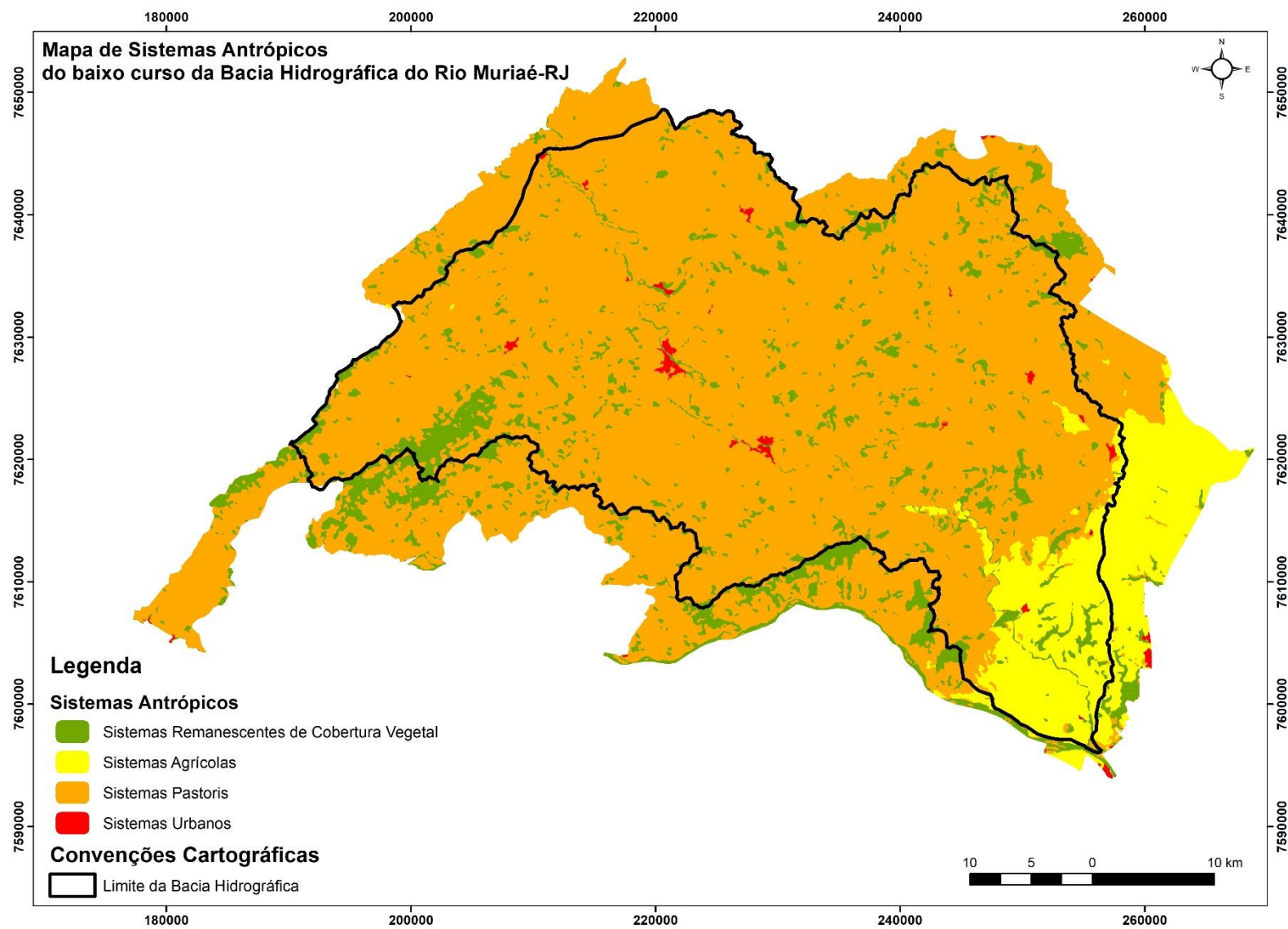


FIGURA 26: Mapa de Sistemas Antrópicos do baixo curso da bacia hidrográfica do rio Muriaé

Como já mencionado neste trabalho, o baixo curso da bacia hidrográfica do rio Muriaé caracteriza-se pela sua ocupação desordenada que, ao longo do tempo, suprimiu a cobertura vegetal natural, substituindo por outros modos de uso das terras. O código florestal brasileiro (Brasil, 2012b) Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 delimita como Área de Preservação Permanente (APP) em zonas rurais ou urbanas, as faixas marginais de qualquer curso d'água, áreas do entorno de lagoas ou lagos naturais, de reservatórios artificiais, do entorno de nascentes e os topos de morros. Porém, não existe uma obrigatoriedade de recomposição da mata ciliar pelos proprietários de terras. Tal anistia é conferida aos proprietários rurais conforme Brasil (2012a).

Sabe-se que a preservação das APP's citadas pela legislação conservam a capacidade de infiltração do solo, o que diminuiu a magnitude dos eventos de inundação. Já a remoção da cobertura vegetal, a perfuração de poços, a construção de fossas sépticas, a impermeabilização, a construção de casas, o desvio de cursos d'água, entre outras atividades relacionadas a ocupação da terra, causam o aumento do fluxo de chuvas, o rebaixamento do lençol freático, a redução da infiltração, a poluição de rios e influenciam diretamente na frequência e na magnitude dos eventos de inundação agravando os impactos para população afetada.

O Sistema pastoril que abrange cerca de 48% da área de estudo também contribui para a compactação do solo. O sistema agrícola, terceiro sistema antrópico em extensão, encontra-se próximo a desembocadura do rio Muriaé, em Campos dos Goytacazes, com predominância do plantio de cana de açúcar. Instalada em áreas de Tabuleiros Costeiros e Planícies Fluviais os sistemas agrícolas são afetados pelas épocas de cheia do rio Muriaé (REIS e AMORIM 2014).

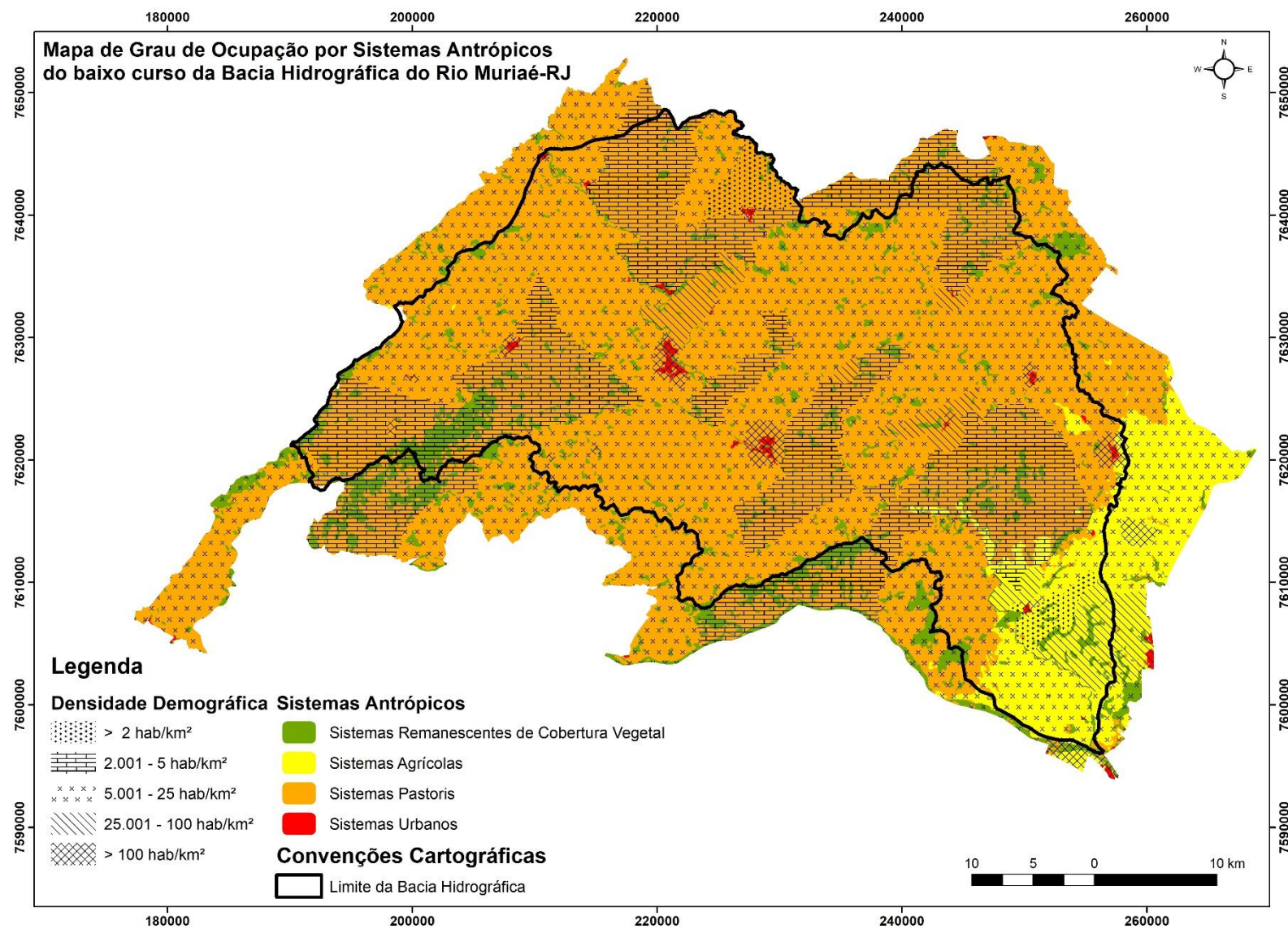


FIGURA 27: Distribuição da ocupação por Sistemas Antrópicos do baixo curso da bacia hidrográfica do rio Muriaé.

6.2 Vulnerabilidade Social

O indicador de vulnerabilidade Social é composto por duas dimensões: a resiliência e a infraestrutura. A seguir serão apresentados os resultados separadamente para cada dimensão.

6.2.1 Dimensão Resiliência

A dimensão de resiliência possui três componentes: A renda ou status social, a estrutura etária e a alfabetização. De acordo com a seção 3.3 desta dissertação, cada uma dessas componentes influenciam o grau de vulnerabilidade de uma comunidade exposta ao risco. Sendo assim, pode-se fazer as seguintes reflexões:

A renda está associada à habilidade em assimilar as perdas e aumenta a resiliência aos impactos do perigo. A riqueza permite que a comunidade se recupere das perdas mais rapidamente devido aos seguros ou redes de segurança social.

Os extremos da estrutura etária afetam o movimento para fora do perigo. Os pais perdem tempo e dinheiro cuidando das crianças quando as creches são afetadas; os idosos podem ter restrições de mobilidade, aumentando a carga de cuidado e diminuindo a resiliência.

A educação está ligada ao status socioeconômico. O ensino inferior restringe a capacidade de compreender informações de aviso e acesso a informações de recuperação, portanto quanto maior a quantidade de analfabetos menor é a resiliência.

A figura 28 apresenta o mapeamento da resiliência da área de estudo. Dos 125 setores censitários da área de estudo, 23 (18%) foram classificados com o nível resiliência muito baixa, 43 (34%) com nível de resiliência baixa, 52 (42%) com nível médio de resiliência e 7 (6%) com nível de resiliência satisfatória. Destes últimos, quatro setores (57%) pertencem a zona urbana do município de Italva. Cardoso Moreira apresentou o maior número de setores censitários com nível de resiliência muito baixo, oito setores urbanos e dois rurais, representando 43% do total de setores classificados com nível muito baixo de resiliência de toda área de estudo. O município de Cambuci também merece atenção pois, dos 15 setores pertencentes ao município, sete (48%) foram classificados como muito baixo, sendo três rurais e quatro urbanos.

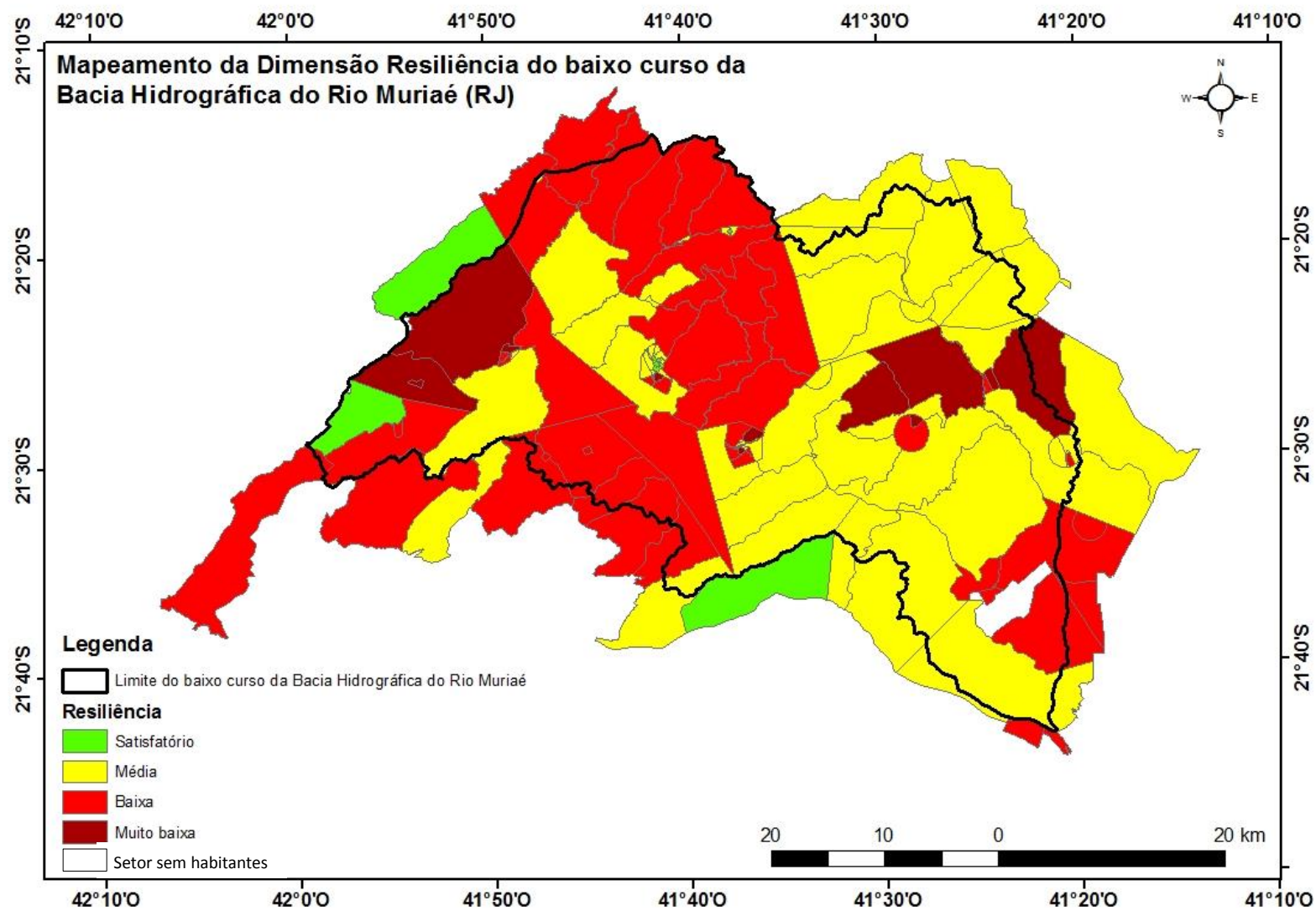


FIGURA 28: Mapeamento da Dimensão de Resiliência na bacia hidrográfica do baixo curso do rio Muriaé

O quadro 20 apresenta a quantidade de setores censitários diferenciados por município e pelo nível de resiliência.

QUADRO 20: Quantidade de setores censitários por nível de resiliência e por município

Classes de Resiliência	Satisfatória		Média		Baixa		Muito Baixa	
Tipo de Setor	Rural	Urbano	Rural	Urbano	Rural	Urbano	Rural	Urbano
Municípios								
Cambuci	1	0	2	1	3	1	3	4
Campos dos Goytacazes	0	0	16	0	6	3	2	1
Cardoso Moreira	0	0	10	4	1	3	2	8
Italva	0	4	4	8	8	2	0	3
Itaperuna	0	1	3	3	9	0	0	0
São Fidelis	1	0	1	0	5	2	0	0

Nos setores classificados com nível de resiliência muito baixo residem 13042 pessoas, sendo 80% consideradas alfabetizadas. 20483 (79% alfabetizadas) pessoas residem nos setores classificados como nível de resiliência baixa. Já nos setores classificados com médio nível de resiliência residem 20393 pessoas, das quais 81% alfabetizadas e nos setores com resiliência satisfatória habitam 3030 pessoas, 90% alfabetizadas. Vale ressaltar que baseado nos dados do sistema SIDRA do IBGE (2010) a média de alfabetizados no Brasil é de 90% (QUADRO 21).

Cardoso Moreira que apresentou a maior quantidade de setores classificados com a resiliência muito baixa residem 5028 pessoas, destas 4078 são alfabetizadas.

6.2.2 Dimensão Infraestrutura

A dimensão de infraestrutura possui três componentes: abastecimento de água, esgotamento sanitário e coleta de lixo. Entende-se que a ausência ou a precariedade destas infraestruturas urbanas configuram um saneamento inadequado. Comunidades que sofrem com o saneamento inadequado ficam expostas a propagação de doenças transmissíveis pela água prolongando os impactos das inundações.

A figura 29 apresenta o mapeamento da infraestrutura da área de estudo

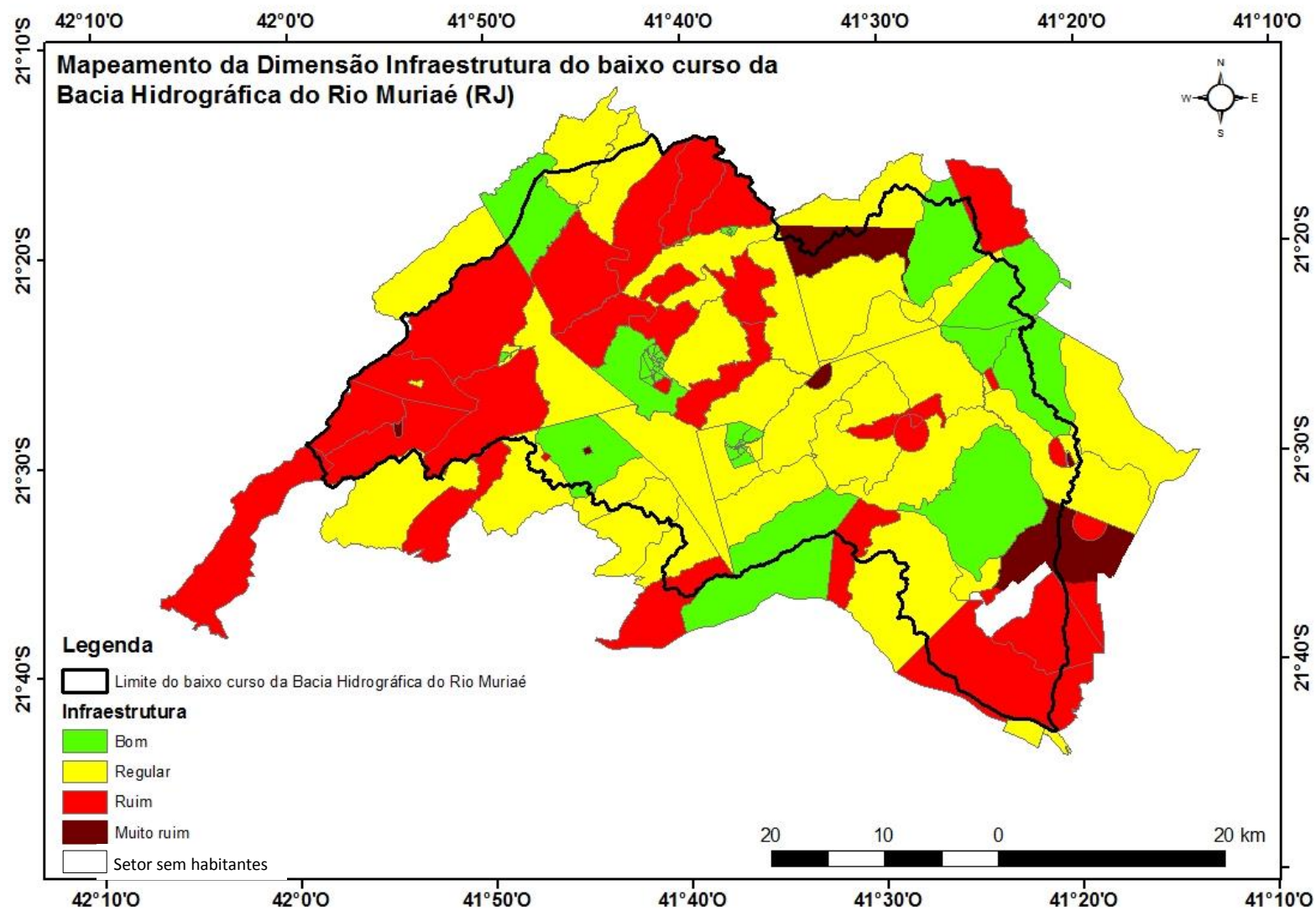


FIGURA 29: Mapeamento da Dimensão de Resiliência na bacia hidrográfica do baixo curso do rio Muriaé

Considerando a totalidade da área de estudo, 6 (5%) dos setores censitários foram classificados como muito ruim no que tange a infraestrutura, 32 (26%) classificados como ruim, 47 (38%) com infraestrutura regular e 39 (31%) com boa infraestrutura. Apesar da quantidade de setores censitários classificados com a infraestrutura muito ruim não ser expressiva, o município de Campos dos Goytacazes se destacou por possuir 50% deles em sua área rural, os outros 50% se distribuem entre os municípios de São Fidelis, Cardoso Moreira e Cambuci que apresentam 1 setor censitário urbano cada. Os 6 setores censitários com a pior classificação possuem, juntos, 709 domicílios, mas somente 137 deles possuem sistema de esgotamento sanitário por rede geral ou fossa séptica.

Italva é o município que apresenta a maior quantidade de setores censitários urbanos (15 - 38%) com infraestrutura boa. O quadro abaixo apresenta um detalhamento dos resultados obtidos nesta dimensão.

QUADRO 21: Quantidade de setores censitários classificados pela qualidade das infraestruturas disponíveis por município

Classes de Infraestrutura	Bom		Regular		Ruim		Muito ruim	
Tipo de Setor	Rural	Urbano	Rural	Urbano	Rural	Urbano	Rural	Urbano
Municípios								
Cambuci	0	1	2	4	7	0	0	1
Campos dos Goytacazes	4	0	9	3	7	1	3	0
Cardoso Moreira	2	8	9	4	2	2	0	1
Italva	1	15	6	1	5	1	0	0
Itaperuna	2	4	5	0	5	0	0	0
São Fidelis	2	0	4	0	1	1	0	1

6.2.3 Indicador de Vulnerabilidade Social

Compreendendo a natureza multidimensional da vulnerabilidade social este indicador é obtido por meio da união das dimensões de resiliência e infraestrutura. A figura abaixo apresenta a cartografia do Indicador de Vulnerabilidade Social para o baixo curso da bacia do rio Muriaé

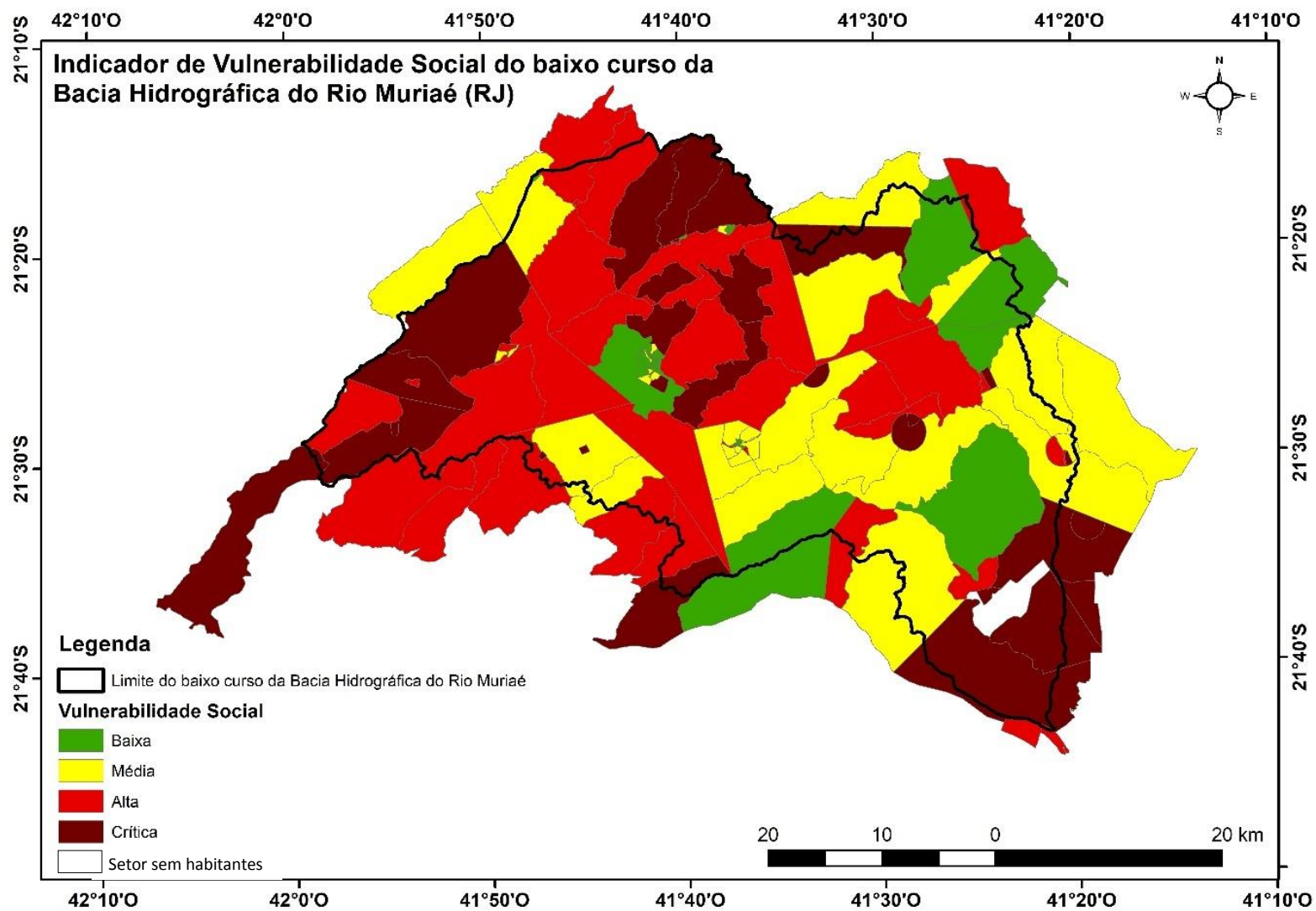


FIGURA 30: Mapeamento da Vulnerabilidade Social na bacia hidrográfica do baixo curso do rio Muriaé

A área de estudo possui 125 setores censitários, destes 31 (25%) foram classificados como críticos para a vulnerabilidade social, 43 (34%) com alta vulnerabilidade social, 27 (22%) foram identificados com média vulnerabilidade social e 24 (19%) com vulnerabilidade social baixa. A maior parte dos setores classificados como crítico e alto para a vulnerabilidade social pertencem a zona rural da área de estudo. Dos 31 setores críticos 22 são rurais e dos 43 setores com alta vulnerabilidade social 35 estão localizados em áreas rurais.

Destaca-se o município de Campos dos Goytacazes que possui 28 (24 rurais e 4 urbanos) setores dentro da área de estudo dentre os quais 9 (32%) setores rurais e 1 (0,03%) setor urbano foram classificados como crítico e 11 (39%), 8 rurais e 3 urbanos classificados com alta vulnerabilidade social. O município que apresentou o maior número de setores censitários com baixa vulnerabilidade social foi Italva, dos 29 setores pertencentes a área de estudo 11 (37%) foram classificados com baixa vulnerabilidade social, todos eles localizados nas áreas urbanas do município.

QUADRO 22: Quantidade de setores censitários classificados pelo indicador de vulnerabilidade social por município

Classes de Vulnerabilidade Social	Baixo		Médio		Alto		Crítico	
Tipo de Setor	Rural	Urbano	Rural	Urbano	Rural	Urbano	Rural	Urbano
Municípios								
Cambuci	0	0	0	2	5	2	4	2
Campos dos Goytacazes	3	0	4	0	8	3	9	1
Cardoso Moreira	2	3	5	6	6	3	0	3
Italva	0	11	1	5	7	0	4	1
Itaperuna	1	3	1	1	6	0	4	0
São Fidelis	1	0	2	0	3	0	1	2

Há um total de 4618 domicílios construídos nos setores que apresentaram vulnerabilidade social crítica, sendo 3113 pertencentes a zona rural e 1505 instalados na área urbana. Somente na área rural, classificada como crítica, do município de Campos dos Goytacazes localizam-se 1977 (63%) dos domicílios. Residem nesta área um total de 15092 pessoas, 10257 (6877 no município de Campos dos Goytacazes) nos setores rurais e 4835 nos urbanos.

6.3 Vulnerabilidade Socioambiental

A construção de indicadores socioambientais, por meio de metodologias de geoprocessamento e análise espacial, possibilita identificar as áreas do município que necessitam de atenção e de gestão específica. A figura 32 apresenta a cartografia do resultado obtido por meio do cálculo do Indicador de Vulnerabilidade Socioambiental proposto neste trabalho, e localiza as áreas prioritárias para a implantação de programas de gerenciamento de risco ou gestão específica.

Do total de setores censitários pertencentes a área de estudo, 17% (21) foram classificados como críticos. O total de domicílios particulares permanentes localizados nas áreas críticas é de 2213 (área rural) e 2018 (área urbana). Cardoso Moreira foi o município que apresentou o maior número de setores críticos na área urbana. Como já explicitado anteriormente, o município de Cardoso Moreira possui vários registros de inundação com grandes perdas econômicas.

Campos dos Goytacazes apresentou 7 setores rurais considerados como críticos, esta área corresponde ao bairro Três Vendas que sofre anualmente com eventos de inundação, registrando altos números de desabrigados (QUADRO 23).

QUADRO 23:Quantidade de setores censitários classificados pelo indicador de vulnerabilidade socioambiental por município

Classes de Vulnerabilidade Social	Baixo		Médio		Alto		Crítico	
Tipo de Setor	Rural	Urbano	Rural	Urbano	Rural	Urbano	Rural	Urbano
Cambuci	1	0	3	1	5	3	0	2
Campos dos Goytacazes	6	2	7	0	4	0	7	2
Cardoso Moreira	6	3	5	3	1	5	1	4
Italva	1	7	3	4	7	5	1	1
Itaperuna	1	1	5	1	4	2	2	0
São Fidelis	3	0	4	0	0	1	0	1

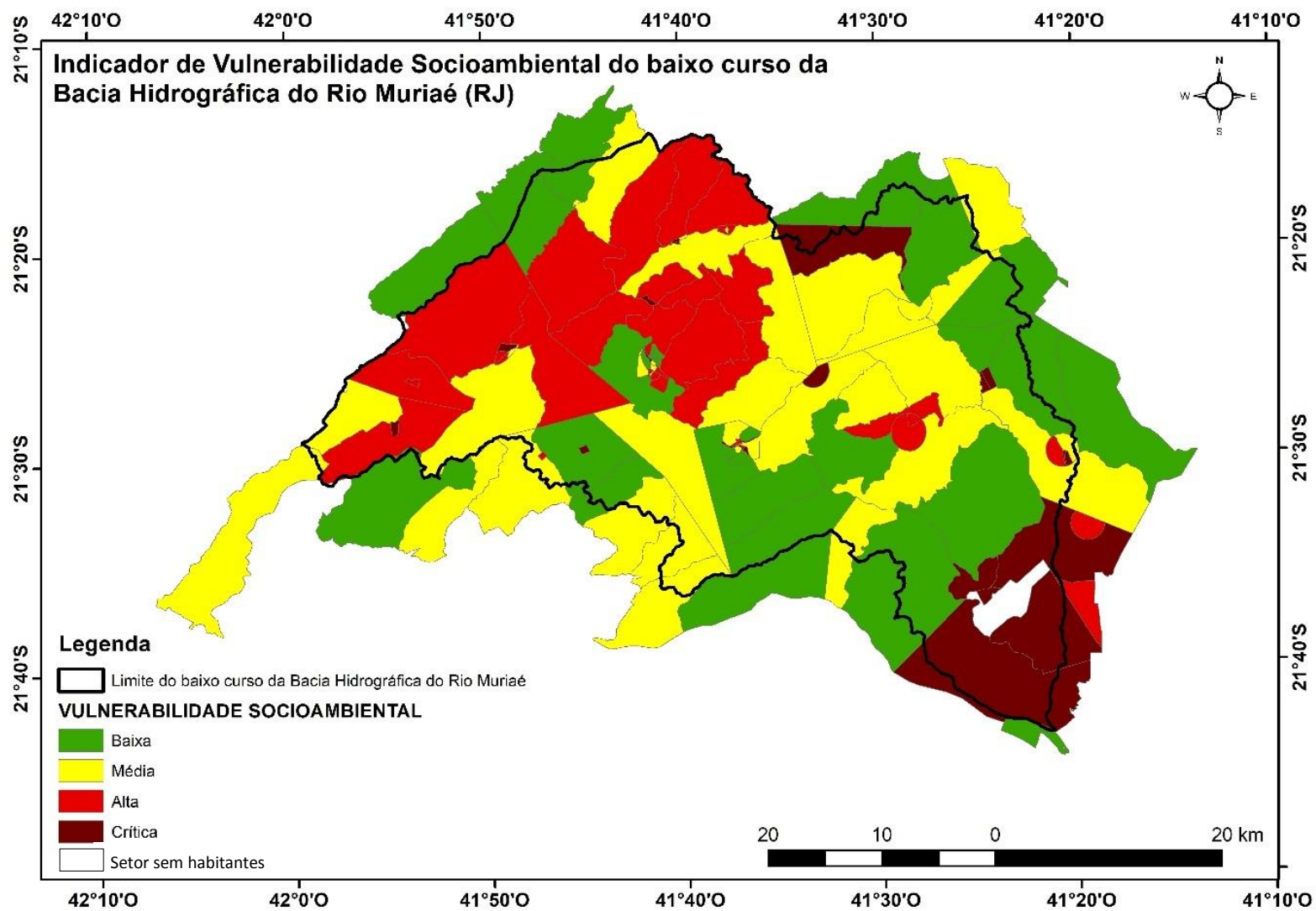


FIGURA 32: Mapeamento da Vulnerabilidade Social na bacia hidrográfica do baixo curso do rio Muriaé

O quadro 24 apresenta um perfil socioeconômico da comunidade residente na área de estudo separado pelas classes de vulnerabilidade socioambiental. Esses dados devem ser utilizados como insumos básicos para a tomada de decisão por parte dos gestores públicos com vistas a minimização dos impactos dos eventos de inundação nas comunidades afetadas.

QUADRO 24: Perfil Socioeconômico por classe de Vulnerabilidade Socioambiental

Variáveis	Baixo	Médio	Alto	Crítico	Total
Área rural					
Total de domicílios particulares permanentes	1746	2898	2136	2213	8993
Domicílios com rendimento per capita de até 1/8 de salário mínimo	32	44	64	65	205
Domicílios com rendimento per capita de 1/8 a 1/4 de salário mínimo	216	298	220	264	998
Domicílios com rendimento per capita de 1/4 até 1/2 salário mínimo	598	928	639	626	2791
População de 0 a 14 anos de idade	1037	1752	1410	1962	6161
População de 15 a 30 anos de idade	1234	1951	1563	2170	6918
População de 31 a 60 anos de idade	2330	3787	2854	2925	11896
População com mais de 61 anos de idade	494	933	683	505	2615
População alfabetizada de 15 a 30 anos de idade	1187	1856	1498	2092	6633
População alfabetizada de 31 a 60 anos de idade	1678	2754	2082	2256	8770
População alfabetizada com mais de 61 anos de idade	428	802	545	413	2188
Domicílios com abastecimento de água por rede geral	175	596	443	1197	2411
Domicílios com abastecimento de água por poço ou nascente na propriedade	1260	1707	1275	757	4999
Domicílios com coleta de lixo por serviço de limpeza	270	932	958	1713	3873
Domicílios com esgotamento sanitário por rede geral ou pluvial	124	430	160	429	1143
Domicílios com esgotamento sanitário via fossa séptica	534	362	92	226	1214
Domicílios com esgotamento sanitário via fossa rudimentar	271	668	1021	1328	3288
Domicílios com pavimentação	0	0	0	0	0
Domicílios com existência de bueiros, em sua face confrontante	0	0	0	0	0
Área urbana					
Total de domicílios particulares permanentes	3258	1774	2880	2018	9930
Domicílios com rendimento per capita de até 1/8 de salário mínimo	52	18	46	35	151
Domicílios com rendimento per capita de 1/8 a 1/4 de salário mínimo	200	79	163	163	605
Domicílios com rendimento per capita de 1/4 até 1/2 salário mínimo	715	318	640	504	2177
População de 0 a 14 anos de idade	2094	934	1657	1232	5917
População de 15 a 30 anos de idade	2546	1256	2008	1529	7339
População de 31 a 60 anos de idade	4209	2255	3599	2580	12643
População com mais de 61 anos de idade	971	602	955	648	3176
População alfabetizada de 15 a 30 anos de idade	2506	1237	1957	1488	7188
População alfabetizada de 31 a 60 anos de idade	3487	1893	2901	1983	10264
População alfabetizada com mais de 61 anos de idade	939	650	954	559	3102
Domicílios com abastecimento de água por rede geral	3113	1731	2258	1603	8705
Domicílios com abastecimento de água por poço ou nascente na propriedade	91	26	343	298	758
Domicílios com coleta de lixo por serviço de limpeza	2699	1627	2581	1790	8697
Domicílios com esgotamento sanitário por rede geral ou pluvial	2534	1603	2076	763	6976
Domicílios com esgotamento sanitário via fossa séptica	294	30	100	129	553
Domicílios com esgotamento sanitário via fossa rudimentar	195	15	159	302	671
Domicílios com pavimentação	2686	1358	2114	1748	7906
Domicílios com existência de bueiros, em sua face confrontante	969	495	683	652	2799

É importante ressaltar que o indicador apresentado nesta dissertação funciona como uma ferramenta para ser utilizada no planejamento de ações de gerenciamento de risco, sendo necessário que os responsáveis façam um estudo e um levantamento de outras características das áreas indicadas como prioritárias (setores críticos e altos). As investigações locais e o acompanhamento dessas comunidades devem levar ao estabelecimento das causas profundas que levam as áreas a serem consideradas prioritárias.

7 Considerações Finais

O indicador de vulnerabilidade socioambiental para áreas suscetíveis a inundações proposto neste trabalho mostrou-se satisfatório ao representar, de forma simples, a realidade da área de estudo. É importante ressaltar que este indicador considera somente as áreas naturalmente suscetíveis às inundações, ou seja, o resultado deste indicador não considera as ações antrópicas que potencializam a frequência e a magnitude dos eventos como, por exemplo, o grau de impermeabilização do solo por asfaltamento ou mesmo a degradação das matas ciliares. Esses elementos devem ser analisados separadamente e se somam ao resultado do indicador tornando-o uma importante ferramenta de gestão pública.

O indicador de vulnerabilidade socioambiental servirá como instrumento de política pública, pois os resultados obtidos para a bacia hidrográfica do Rio Muriaé poderão indicar estudos de prioridade de ações estruturais e não estruturais partindo de investimentos das prefeituras municipais, governo estadual e federal, e, até mesmo investimentos da iniciativa privada.

A área de estudo é predominantemente rural, tendo as pastagens como tipo de uso e ocupação das terras predominantes. As aglomerações populacionais (cidades e vilas) apresentam-se às margens do rio Muriaé e seus afluentes, ou seja, situadas em áreas suscetíveis às inundações. Episódios de inundações na área em estudo, afetam a população residente de forma direta com a interdição de ruas, danos às residências e interrupção de serviços públicos, prejuízos no comércio, indústria local dentre outros. Nas áreas rurais, além do isolamento de comunidades por bloqueio das vias de acesso, os danos das inundações afetam as atividades econômicas desenvolvidas na zona rural ligadas à agricultura e à pecuária, pois durante os episódios de inundações, plantações são perdidas, parte dos animais chegam a óbito, ou a produção leiteira é perdida.

Por fim, de posse desta ferramenta, o gestor deve considerar o que está por trás de cada classe de vulnerabilidade socioambiental, quais são as características e elementos da comunidade que elevam ou diminuem a vulnerabilidade e assim tornar os projetos para diminuição dos impactos das inundações mais eficientes diminuindo as perdas após os desastres ambientais.

REFERÊNCIAS

- AGEVAP. Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul: Resumo**. 2010. Rio de Janeiro: Fundação COPPETEC. 2010. Disponível em: <<http://www.ceivap.org.br/downloads/cadernos/BNG2.pdf>>. Acessado em 01 nov. 2016.
- ALEXANDER, D. MODELOS DE VULNERABILIDADE SOCIAL A DESASTRES (MODELS OF SOCIAL VULNERABILITY TO DISASTERS - MODÈLES DE VULNÉRABILITÉ SOCIALE AUX CATÁSTROFES). IN: **REVISTA CRÍTICA DE CIÊNCIAS SOCIAIS**, VOLUME 93, JUNHO 2011: 9-29. TRADUÇÃO DE VICTOR FERREIRA. DISPONÍVEL EM: [HTTP://RCCS.REVUES.ORG/113](http://rccs.revues.org/113) ; DOI : 10.4000/RCCS.113.
- ALMEIDA, L. Q. **Vulnerabilidades socioambientais de rios urbanos: bacia hidrográfica do rio Maranguapinho**. Região metropolitana de Fortaleza, Ceará. 2010.
- ALVES, H. P. D. F.; OJIMA, R. Vulnerabilidade às mudanças climáticas nas áreas urbanas do estado de São Paulo: Mudança no regime de chuvas e características socioeconômicas e demográficas da população. **Agriculture**, p. 19, 2008.
- ALVES, H. P. F. Análise da Vulnerabilidade Socioambiental em Cubatão-SP por meio da integração de dados socioeconômicos e ambientais em escala intraurbana. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v.30, n.22, p. 349-366, jul/dez 2013.
- ALVES, H. P. F. Vulnerabilidade socioambiental na metrópole paulistana: uma análise sociodemográfica das situações de sobreposição espacial de problemas e riscos sociais e ambientais. **Revista Brasileira de Estudos de População**, 2006.
- ALVES, H. P. F.; TORRES, H. G. Vulnerabilidade socioambiental na cidade de São Paulo: uma análise de famílias e domicílios em situação de pobreza e risco ambiental. **São Paulo em Perspectiva**, v.20, n.1, p. 44-60, 2006.
- AMARAL, Rosângela do; GUTJAHR, Mirian Ramos. **Desastres naturais**. São Paulo, 2011.
- AMARAL, R. do; RIBEIRO, Rodrigues Rogério. Inundação e enchentes. **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, p. 39-52, 2009.

AMORIM, R. R.; REIS, C. H.; FERREIRA, C. As formas de relevo e seus diferentes tipos de uso e ocupação das terras a partir da aplicação de geotecnologias: o estudo de caso do município de São Fidélis (Rio de Janeiro-Brasil). In: **VII Congresso Nacional de Geomorfologia: Geomorfologia 2015**. 2015.

AMORIM, Raul Reis; REIS, Claudio Henrique; FERREIRA, Carmen. Mapeamento dos geossistemas e dos sistemas antrópicos como subsídio ao estudo de áreas com riscos a inundações no baixo curso da bacia hidrográfica do rio Muriaé (Rio de Janeiro-Brasil). 2017.

ANA - Agencia Nacional das Águas. **Hidroweb**: Sistemas de Informações Hidrológicas – Séries Históricas. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em: 15 de julho de 2018.

ARAI, M. A. Grande elevação eustática do mioceno e sua influência na origem do Grupo Barreiras. **Geologia USP. Série Científica**, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 2006, p.1-6.

BECK, U. RiskSociety: towards a new modernity. London: Sage Ed, 1992

BITAR, O. Y. (coord.) **Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações: 1:25.000: nota técnica explicativa**. São Paulo: IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo; Brasília, DF: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2014.

BOTELHO, R. G. M. Bacias hidrográficas urbanas. In: GUERRA, A. (org.). **Geomorfologia urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

Brasil. (1980) Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. Instrução Especial/Incra/nº 20, de 28 de maio de 1980. Estabelece o Módulo Fiscal de cada Município, previsto no Decreto nº 84.685 de 06 de maio de 1980. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 12 jun. 1980. Seção 1, p. 11606. Disponível em: . Acesso em: 20 set. 2018.

Brasil. (1993) Lei nº 8.629, de 25 de fevereiro de 1993. Dispõe sobre a regulamentação dos dispositivos constitucionais relativos à reforma agrária, previstos no Capítulo III, Título VII, da Constituição Federal. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 26 fev. 1993. Disponível em: . Acesso em: 20 set. 2015.

Brasil. (1997) Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. Portaria nº 37 e Instrução Especial/Incra/nº 541, de 26 de agosto de 1997. Estabelece o Módulo fiscal para os Municípios constantes da tabela anexa. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 12 set. 1997. Seção 1, p. 19243-19246. Disponível em: . Acesso em: 20 set. 2018.

Brasil. (2005) Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. Instrução Especial/Incra/nº 03, de 11 de abril de 2005. Estabelece o Módulo Fiscal para os Municípios constantes da tabela anexa. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 12 abr. 2005. Seção 1. Disponível em: <http://www.jusbrasil.com.br/diarios/321585/dou-secao-3-12-04-2005-pg-110>. Acesso em: 20 set. 2018.

Brasil. (2012a) Lei nº 12.727, de 17 de outubro de 2012. Altera a Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; e revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, Variação Geográfica do Tamanho dos Módulos Fiscais no Brasil 21 e 7.754, de 14 de abril de 1989, a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, o item 22 do inciso II do art. 167 da Lei no 6.015, de 31 de dezembro de 1973, e o § 2º do art. 4º da Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 18 out. 2012b. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112727.htm>. Acesso em 20 set. 2018.

Brasil. (2012b) Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, 28 maio 2012c. Disponível em: . Acesso em: 20 out. 2018.

BRASIL. Câmara dos Deputados. Legislação Lei n. 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil – CONPDEC. Autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres.

Legislação informatizada. Disponível em:

<<http://www2.camara.gov.br/legin/fed/lei/2012/lei-12608-10-abril-2012-612681-publicacaooriginal-135740-pl.html>>. Acesso em: 26 ago. 2018.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988.

BRASIL. Decreto nº 7.830, de 17 de outubro de 2012. Dispõe sobre o Sistema de Cadastro Ambiental Rural, o Cadastro Ambiental Rural, estabelece normas de caráter geral aos Programas de Regularização Ambiental, de que trata a Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012, e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 18 out. 2012d. Disponível em: . Acesso em: 25 out. 2012. BRASIL. Senado Federal. Reforma do Código Florestal. 2012e. Disponível em: . Acesso em: 20 set. 2018.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria da Defesa Civil. **Políticas públicas de prevenção e respostas ao desastre: as ações da SEDEC de 2003 a 2006.** Relatório de Atividades. Brasília, 2007

BRESSANI, L. A.; COSTA, E. A da. Mapeamento geotécnico: suscetibilidade, perigo, vulnerabilidade técnica, risco e risco instalado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, 14., 2013, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ABGE, 2013. 1 CD-ROM.

CARDONA, Omar Darío. La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo. 2001. Chapter 3 of the book “Mapping Vulnerability: Disasters, Development and People” 2003 G. Bankoff, G. Frerks D. Hilhorst (ED, Earthscan Publishers, London.

CASTRO, A. L. C. 1999. Manual de planejamento em defesa civil. Vol.1. Brasília: Ministério da Integração Nacional/ Departamento de Defesa Civil. 133 p. constitui%C3%A7ao.htm>. Acesso em: 08 AGO. 2018.

CASTRO, Antonio Luiz Coimbra de. **Glossário de Defesa Civil estudos de riscos e medicina de desastres**. 5. ed. Brasília, DF: Secretaria Nacional de Defesa Civil (SEDEC), [19--].

COUTINHO, R. Q. (Coord. e Org.). **Parâmetros para a cartografia geotécnica e diretrizes para medidas de intervenção de áreas sujeitas a desastres naturais**. Recife: Ministério das Cidades; Universidade Federal de Pernambuco; Grupo de Engenharia Geotécnica de Encostas e Planícies – GEGEP; DECivil, 2013. 376 p. (Documento Técnico).

CPRM - Companhia Brasileira de Recursos Minerais. **Projeto Rio de Janeiro**. Brasília: Serviço Geológico do Brasil, 2000. v. 1-8.

CUTTER, S. L. Vulnerability to environmental hazards. *Progress in Human Geography*, v. 20, n. 4, p. 529-539, 1996.

CUTTER, S.L. (Ed.). **Environmental risks and hazards**. London: Prentice-Hall, 1994.

CUTTER, Susan L.. A ciência da vulnerabilidade: modelos, métodos, e indicadores. *Revista Crítica de Ciências Sociais* (Online); 93.2011; DOI 10.4000/rccs.165

CUTTER, Susan L.; BORUFF, Bryan J.; SHIRLEY, W. Lynn. Social vulnerability to environmental hazards. **Social science quarterly**, v. 84, n. 2, p. 242-261, 2003.

DANTAS, Camila Galindo; CANIL, Katia. Identificação e mapeamento de áreas suscetíveis a inundação na bacia do Aricanduva – SP utilizando o algoritmo descritor de terreno *HAND*. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, [S.l.], v. 1, p. 4045-4055, nov. 2017. Disponível em: <<https://ocs.ige.unicamp.br/ojs/sbgfa/article/view/2556/1931>>. Acesso em: 28 nov. 2017. doi:<https://doi.org/10.20396/sbgfa.v1i2017.2556>.

DINIZ, N. C. Cartografia geotécnica por classificação de unidades de terreno e avaliação de suscetibilidade e aptidão. **Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental**, v. 2, n. 1, p. 29-77, 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/>

ESTRATÉGIA INTERNACIONAL PARA LA REDUCCIÓN DE DESASTRES LAS AMÉRICAS. 2004. Disponível em: <<http://www.eird.org/esp/terminologia-esp.htm>>. Acesso em: 26 fev. 2018.

FELL, R. *et al.* Guidelines for landslides susceptibility, hazard and risk zoning for land-use planning. **Engineering Geology**, v. 102, p. 83-111, 2008.

FREITAS, M. I.; CUNHA, L. Modelagem de dados socioambientais visando estudos de vulnerabilidade: O caso de 17 concelhos do centro de Portugal. In: **Revista Geonorte, Edição Especial**. REVISTA GEONORTE, 2012. p. 816-829.

GIUDICE, S. L.; MENDES, J. A. R. Ações antrópicas e seus impactos nos cursos de água. TELLES, D. D. (org). **Ciclo ambiental da água: da chuva à gestão**. São Paulo: Edgar Blucher, 2013. p. 391-414

GOERL, R.F.; KOBAYAMA, M. Considerações sobre as inundações no Brasil. In: XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2005, João Pessoa, Anais... 2005.

Gontijo-Pascutti, A. H. F.; Hassui, Y.; Santos, M. S. & Soares Júnior, A. V.; Souza, I. A. (2012) As serras do mar e da mantiqueira. In: Hasui, Y; Carneiro, C. D. R.; Almeida, F. F. M. & Bartorelli, A. (org.) *Geologia do Brasil*. São Paulo: Beca, 2012. p. 549-573.

INEA - Instituto Estadual do Ambiente. **Sistema de alerta de cheias**. Disponível em: <<http://inea.infoper.net/inea/>>. Acesso em: 01 de julho de 2018.

INSTRUÇÃO NORMATIVA n. 1, de 24 de agosto de 2012. **Diário Oficial da União**. Seção 1, n. 169, quinta-feira, 30 de agosto de 2012. Disponível em: <<http://www.in.gov.br/visualiza/index.jsp?data=30/08/2012&jornal=1&pagina=30&totalArquivos=120>>. Acesso em: 26 fev. 2018.

JULIÃO, R. P. (Coord.) *et al.* **Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) de base municipal**. Lisboa: Autoridade Nacional de Protecção Civil; Direcção-Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano; Instituto Geográfico Português, 2009.

KELLER, E. A.; BLODGETT, R. H. Riesgos naturales: procesos de la Tierra como riegos, desastres y catástrofes. Madrid: Pearson Educación, 2004.

MARANDOLA, E; HOGAN, D. J. **As dimensões da vulnerabilidade**. São Paulo em Perspectiva, v. 20, n. 1, p. 33-43, jan./mar. 2006

MARANDOLA, E; HOGAN, D. J. Vulnerabilidades e Riscos: Entre a Geografia e a Demografia. Revista Brasileira de Estatística e População, São Paulo. V22, 2005.

MASKREY. A Comunidad y desastres em America Latina: Estrategias de intervencion`, LAVELL. A. (ed) **Viviendo em Riesgo: Comunidades Vulnerables y Prevencion de Desastres em America Latina**, La RED, Tecer Mundo Editores, Bogotá.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Capacitação em mapeamento e gerenciamento de risco**. [S.l.]. Disponível em:
<<http://www.defesacivil.mg.gov.br/conteudo/arquivos/manuais/Mapeamento/mapeamento-grafica.pdf>>. Acesso em: 9 set. 2013.

MOSER, C. The assetvulnerability framework:
ReassessingUrbanPovertyReductionStrategies. **World Development**, v.26, n.1, p.1-19,1998.

MPF. Ministério Público Federal. Projeto Qualidade da Água. Disponível em:
<<http://www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/ccr4/dados-da-atuacao/projetos/qualidade-da-agua/apresentacao-do-projeto-qualidade-da-agua-e-do-boletim-das-aguas>>. Acessado em 01 nov. 2016.

MURARA, Pedro Germano. INUNDAÇÕES: DESASTRE NATURAL?. REVISTA ELETRÔNICA DOS ESTUDANTES DE GEOGRAFIA DA UFSC. Edição nº 10 (ano X). Florianópolis, Dezembro de 2015.

NOSSA, P.; SANTOS, N.; CRAVIDÃO, F. Risco e vulnerabilidade: a importância de factores culturais e sociodemográficos na interpretação e reacção aos perigos. Vários, **Riscos Naturais, Antrópicos e Mistos. Homenagem ao Professor Doutor Fernando Rebelo**, p. 902, 2013.

NUNES, F. C. **Grupo Barreiras : características, gênese e evidências de neotectonismo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 31 p

Pesquisa e Estudos sobre Desastres. Capacitação básica em Defesa Civil / [Textos: Janaína Furtado;de Regina Panceri]. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Universitário - 5. ed. - Florianópolis: CEPED UFSC, 2014.

PIRES, E. G.; BORMA, L. S. Utilização do modelo *HAND* para o mapeamento de bacias hidrográficas em ambiente de Cerrado. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, 16., 2013, Foz do Iguaçu, PR. Anais... Foz do Iguaçu: INPE, 2013. p. 5568-5575.

PIRES, E. G.; BORMA, L. S. Utilização do modelo HAND para o mapeamento de bacias hidrográficas em ambiente de Cerrado. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013, Foz do Iguaçu, PR. **Anais...** Foz do Iguaçu: INPE, 2013. p. 5568-5575.

PRATES, Talita Bracher; AMORIM, Raul Reis. Vulnerabilidade Socioambiental das Áreas Sujeitas às Inundações no Município de São João Da Barra, RJ, Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, n. spe, p. 164-171, 2017.

QUARANTELLI, E. L. **Epilogue**. In: _____. **What is a disaster?** Perspectives on the question. London, New York: Routledge, 1998. P. 234-273

Reis, C. H. & Amorim, R. R. (2014) Uso de sensores remotos com diferentes resoluções espectrais para a caracterização do uso e ocupação das terras de áreas com risco à inundação dos municípios de Italva e Cardoso Moreira, Rio de Janeiro, Brasil. In: RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança. (org.). **Multidimensão e Territórios de Risco**. 1ed. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2014, v. 1, p. 123-128.

REIS, C. H.; AMORIM, R. R.; FERREIRA, C. Caracterização do uso e ocupação das terras de áreas com risco à inundação em Cardoso Moreira e Italva, **Caminhos de Geografia**, Rio de Janeiro. 2015.

RENNÓ, C. D. et al. *HAND*, a new terrain descriptor using SRTM-DEM; Mapping terra-firme rainforest environments in Amazonia. **Remote Sensing of Environment**, v. 112, p. 3469-3481, 2008

S2ID - Sistema Integrado de Informações sobre Desastres. **Banco de dados e registro de desastres**. Disponível em: <<http://s2id.mi.gov.br>>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2018

SALAROLI, I. S. **Movimentos de massa no município de Vitória – ES: inventário, caracterização e indicativos de um modelo comportamental**. 2003. 144p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2003.

SÃO PAULO. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Reorganiza o Sistema Estadual de Defesa Civil. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, São Paulo, SP, Poder Exec., Sec. I, São Paulo, 105 (114). sábado, 17 jun. 1995.

SCHNEIDER, S. Who's to blame: (Mis)perceptions of the intergovernmental response to disasters. *The Journal of Federalism*, v.38 n.4, 22 jul. 2008

SOBREIRA, F. G.; SOUZA, L. A. de. Cartografia geotécnica aplicada ao planejamento urbano. **Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental**, v. 2, n. 1, p. 79-97, 2012.

RAMOS, Ana Paula Marques et al. Avaliação qualitativa e quantitativa de métodos de classificação de dados para o mapeamento coroplético. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 68, n. 3, 2016.

Rocha, Sonia. Pobreza no Brasil: afinal, de que se trata? 3. ed. Rio de Janeiro : Editora FGV, 2006. 244p.

SUGUIO, K.; SALLUN, A. E. M. ; SOARES, E. A. A. . Período Quaternário: ?Quo Vadis??. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 35, n.3, p. 427-432, 2005.

SULAIMAN, Samia Nascimento; ALEDO, Antonio. Desastres naturais: convivência com o risco. **Estudos Avançados**, v. 30, n. 88, p. 11-23, 2016

TIMMERMAN. P. **Vulnerability, resilience and collapse of society**. Environmental Monograph 1, Institute for Environmental Studies, University of Toronto, 1981.

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. DO. **Desastres Naturais: conhecer para prevenir**. 2. ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2012.

VALENCIO. Norma. Para além do dia do desastre: o caso brasileiro. ED1. Curitiba.: Apporis. 2012

VAN WESTEN, C. J.; VAN ASCH, T. W. J.; SOETERS, R. Landslide hazard and risk zonation: why is it still so difficult? **Bulletin of Engineering Geology and Environment**, Heidelberg, v. 65, p. 167-184, 2006.

ZHANG, Yong-Ling.; YOU, Wen-Jiāo. Social vulnerability to floods: a case study of Huaihe River Basin In: **Nat Hazards** (2014) 71:2113-2125